



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA**

**MODALIDAD SEMIPRESENCIAL**

**CARRERA: INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

**“EFECTO DE CINCO DOSIS DE ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO EN  
EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE MORERA (*Morus spp*)”**

**AUTOR:**

**CARLOS ROBERTO RIOS GÓMEZ**

**DIRECTOR**

**ING. ORLY CEVALLOS FALQUEZ.**

**QUEVEDO – LOS RIOS - ECUADOR**

**2013**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, CARLOS ROBERTO RIOS GÓMEZ declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**CARLOS ROBERTO RIOS GÓMEZ**

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

El suscrito, Ing. Orly Fernando Cevallos Falquez, MSc. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Egresado Carlos Roberto Ríos Gómez, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, tesis titulada “EFECTO DE CINCO DOSIS DE ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE MORERA (*Morus spp*).” bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto

---

**ING. ORLY CEVALLOS FALQUEZ, MSc.**  
**DIRECTOR DE TESIS**



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**Unidad de Estudios a Distancia**

**Modalidad Semipresencial**

**Carrera Ingeniería Agropecuaria**

**Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la  
obtención del título de Ingeniero Agropecuario**

**Aprobado:**

---

**Ing. Neptali Franco S. MSc  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS**

---

**Ing. Francisco Espinosa Carrillo MSc.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS**

---

**Ing. Karina Pluas. MSc.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS**

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2013

## **AGRADECIMIENTO**

El autor deja constancia de su agradecimiento a:

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Institución digna y grande que me acogió como estudiante.

Las Autoridades de la Universidad.

Ing. MSc. Roque Vivas Moreira. Rector de la UTEQ, por su gestión en beneficio de la Comunidad Universitaria.

Ing. MSc. Guadalupe Murillo de Luna MSc. Vicerrectora Administrativa de la UTEQ, por su gestión en la UED y apoyo a los estudiantes.

Ing. MSc. Williams Burbano Montecé, Vicerrector Académico de la UTEQ, por su gestión académica.

Ec. MSc. Roger Yela Burgos MSc. Director de la Unidad de Estudios a Distancia, por su trabajo arduo y tesonero a favor de los estudiantes.

Ing. MSc. Lauden Geobakg Rizzo Zamora, Coordinador de la Carrera Agropecuaria, por su apoyo y motivación para la exitosa culminación de esta investigación de tesis.

A familiares que de una u otra forma me ayudaron para la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi esposa Anita Chichanda, mis hijos Patricia María y Jair Rios quienes hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mi sueño sacrificando su tiempo para que yo pueda ser mejor, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ustedes, gracias por estar a mí lado

**CARLOS ROBERTO RIOS GÓMEZ**

## Índice de cuadros

Cuadro		Pág
1	Condiciones meteorológica.....	28
2	Análisis de Variancia.....	30
3	Unidad Experimental.....	32
4	Promedio de números de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> ).”.....	38
5	Promedio de longitud de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> ).”.....	39
6	Promedio de porcentaje de enraizamiento de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> ).”.....	41
7	Promedio de porcentaje de mortalidad de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> ).”.....	44
8	Promedio de masa radicular (g) de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> ).”.....	45
9	Análisis económico de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> ).”.....	47

## Índice de Figuras

<b>Figuras</b>		<b>Pág.</b>
1	Promedio de números de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> )."	37
2	Promedio de longitud de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> )..	40
3	Promedio de porcentaje de enraizamiento de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> )	42
4	Promedio de porcentaje de mortalidad de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> )	44
5	Promedio de masa radicular (g) de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera ( <i>Morus spp</i> )."	46

## RESUMEN EJECUTIVO

Con el propósito de evaluar el efecto de la dosis de ácido indol-3-butírico, en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*), este es un árbol caducifolio, que se utiliza para la alimentación del gusano de seda y para la alimentación de especies doméstica. Esta especie ha demostrado tener buen potencial como arbusto forrajero en países de clima tropical. Actualmente, en Ecuador se está investigando su uso y es por esto que es importante estudiar su propagación, la distintas concentraciones hormonales en la inducción de raíces en estacas de morera (*Morus spp*), entre ellas el ácido indol-butírico (AIB), en dosis de 2000 mg kg-1 de AIB, 4000 mg kg-1 de AIB, 6000 mg kg-1 de AIB, 8000 mg kg-1 de AIB y un testigo (sin hormona), combinados con el sustrato tierra y arena que constituyen los tratamientos en estudio. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar con cinco tratamientos, cinco repeticiones y diez observaciones por unidad experimental. A los 45 días se evaluó el porcentaje de mortalidad, porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíz mayor, y masa radicular, aplicando la Prueba de Tukey para determinar las diferencias significativas entre las medidas de los tratamientos. En general la mejor respuesta se obtuvo en la concentración T2 de Ácido indolbutírico (AIB) de 4000 mg Kg-1 AIB fue el mejor en número de raíces 15.80; longitud de raíces 15.26 cm; masa radicular 5.50 gr; el porcentaje de enraizamiento de 85.6 % y porcentaje de mortalidad de 14.40 % superando al testigo y al resto de tratamientos, y también .con 13.75 % de rentabilidad; por lo tanto se puede propagar vegetativamente morera, aplicando 4000 mg Kg-1 AIB

Palabras Claves: Enraizamiento de estacas de morera; Ácido Indol-butírico

## **ABSTRACT**

In order to assess the effect of the dose of indole-3-butyric acid on rooting of cuttings of Mulberry (*Morus spp.*), is a deciduous tree, which is used for the feeding of the silkworm and domestic species feed. This species has shown good potential as forage shrub in tropical countries. Currently, Ecuador is investigating its use and this is why it is important to study their spread, the different hormone levels in inducing roots on cuttings of Mulberry (*Morus spp.*), including indole-butyric acid (IBA), at a dose of 2000 mg kg<sup>-1</sup> of IBA, 4000 mg kg<sup>-1</sup> of IBA, 6000 mg kg<sup>-1</sup> of IBA, 8000 mg kg<sup>-1</sup> of AIB and a control (without hormone) combined with the substratum Earth and sand that make up treatments in study. A design fully applied at random with five treatments and five replications and ten observations per experimental unit. 45 Days assessed the percentage of rooting percentage, mortality, greater root and root mass, length, number of roots by applying the Tukey test to determine significant differences between measures of treatments. In general the best response was obtained in the T2 concentration of indolebutyric acid (IBA) of 4000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB was the best number of roots 15.80; 15.26 root length cm; root mass 5.50 gr; the percentage of rooting of 85.6% and mortality of 1440% surpassing the witness and other treatments, and also .with 13.75% return; so it can spread vegetatively morera, applying 4000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB

Key words: Rooting of cuttings of Mulberry; Indole-butyric acid

**CAPÍTULO I**  
**MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1 Introducción

En Centroamérica se viene usando el cultivo de la Morera (*Morus spp.*), en forma creciente, cultivado en bancos forrajeros, para la suplementación alimenticia del ganado bovino y caprino ya que los alimentos concentrados para la producción animal sufren aumentos constantes de precios debido fundamentalmente a que las materias primas como el maíz y la soya son cada vez más utilizados en la producción de combustibles, lo que hace que en los mercados estos granos se coticen a mayor precio. Sánchez, M. (2000).

El follaje de la morera, en países tropicales, tiene un buen valor forrajero, presentando una digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) del 72% y un contenido de proteína bruta (PB) del 22%. Los tallos presentan una DIVMS del 42% y un contenido de PB de 9%, además de niveles altos de cenizas (Benavides, 1999).

En condiciones tropicales, esta especie muestra una tolerancia a períodos secos, rápida recuperación una vez iniciado el período lluvioso y, muy especialmente, gran capacidad de recuperación y rebrote a cortes realizados a nivel del suelo a mediados del período seco (Benavides et al, 1999).

En la actualidad debe ponerse mayor atención a la demanda de productos pecuarios de buena calidad, razón por la cual el consumidor se convierte en el motor de todo el aparato productivo. Para el eslabón de producción en finca, uno de sus objetivos debe ser el de beneficiar a los consumidores con la oferta de productos limpios. Esto se logra utilizando en la alimentación de los animales forrajes de alta calidad. Y otro objetivo es de fomentar a mediano y largo plazo la implementación de fincas integrales, dirigidas a pequeños agricultores de modestos recursos económicos, para los productores pecuarios es importante interiorizar el concepto de que “la prosperidad pecuaria se crea, no se hereda y el

éxito depende de su capacidad para adoptar las innovaciones y adaptarse a los constantes cambios". Salice G. (2004).

La reproducción vegetativa es una técnica sencilla, rápida, barata y además permite conservar la uniformidad genética de las plantas madres. Por lo general, la eficiencia del enraizamiento está afectada por la variedad, las condiciones ambientales prevalecientes, la nutrición de la planta madre, la edad del árbol generador y la parte de la planta seleccionada (Hartmann *et al.* 1990).

Se prefiere establecer la plantación al inicio del periodo lluvioso, para garantizar un largo periodo natural de suministro de agua. Por lo general, la morera tienen una alta capacidad de regeneración de tejidos, por lo que la variedad parece no constituir una limitación; sin embargo, dentro de una misma variedad, bajo las mismas condiciones ambientales, el poder de enraizamiento decrece al incrementar la edad del árbol y el tiempo de respuesta es variable según sea la parte de la planta seleccionada para extraer la estaca. Se espera que las ramas con mayor contenido de nutrientes vayan a enraizar más rápido, lo cual está relacionado con la fertilidad del suelo, la fertilización aplicada y el manejo de la plantación generadora de estacas (Hartmann *et al.* 1990).

El medio ideal para la propagación asexual debe servir de anclaje firme y a la vez, suplir a la estaca el balance de aire y agua apropiado para el desarrollo del sistema radical. La aplicación de hormonas estimulantes del brotamiento es una práctica asociada a la reproducción asexual intensiva el terreno debe estar libre de organismos patógenos, de insectos y proveer un control intensivo de malezas durante el periodo de brotamiento radical y foliar. (Hartmann *et al.* 1990).

Dentro del contexto del uso de los árboles en los sistemas de producción animal, los bancos de forraje en los sistemas de corte y acarreo tienen un papel importante (Benavides, 1994). La limitante hasta el presente ha sido la gran variabilidad de genotipos en cultivo, lo que ha determinado una producción muy

heterogénea en cuanto a productividad y calidad del forraje. Esto implica necesariamente la selección de individuos superiores caracterizados y evaluados.

Dentro de este sistema existe la plantación de cultivos por siembra directa y por medio del trasplante del material enraizado al campo. En la siembra directa las estacas extraídas de las ramas de la morera se plantan directamente en el sitio definitivo, después de realizar las labores de preparación del terreno; mientras que la siembra por trasplante consiste en plantar los propágulos en el sitio definitivo, pero realizándoles previamente un proceso de enraizado, en áreas provistas para ejecutar este proceso, denominados “enraizadores” (Cifuentes y Kee-Wook, 1998).

Este trabajo de investigación tiene como fin proporcionar una alternativa que facilite la disponibilidad y la sostenibilidad de los sistemas pecuarios, así como su rentabilidad, estarán basados en los siguientes preceptos: cambio de actitud de los ganaderos hacia una producción más intensiva, producción de forrajes de alta calidad en bancos forrajeros, manejo eficiente de los pastos de piso, utilización eficiente tanto del riego como de la fertilización, conservación de forrajes por su elevado valor nutritivo, sus altos niveles de digestibilidad de la materia seca y de proteína bruta, así como su aceptable nivel energético, permiten que se convierta en el suplemento necesario para cubrir los déficit de los pastos tropicales.

Otra de las características sobresalientes de la morera, es la respuesta eficiente de esta planta a la fertilización orgánica y a los biofertilizantes que no agraden al suelo; además, utilizada en las pendientes, evita la pérdida de los suelos por la erosión, por lo que este arbusto se puede utilizar en sistemas agroecológicos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 General**

- Evaluar el efecto de la dosis de ácido indol-3-butírico, en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*).

### **1.2.2 Específicos**

- Evaluar el efecto de cinco dosis (0, 2000, 4000, 6000 y 8000 mg/L) de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*).
- Determinar la mejor concentración de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*).
- Realizar el análisis económico de los tratamientos

## **1.3 Hipótesis**

- El uso de Ácido Indol-3-Butírico influirá de manera favorable en el enraizamiento en esqueje de morera (*Morus spp*)
- El uso de Ácido Indol-3-Butírico aumentara la magnitud y calidad de producción de raíces adventicias en estacas de morera (*Morus spp*).

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Generalidades**

### **2.1.1. Características generales de la morera (*Morus spp*)**

La morera es una especie caducifolia que pertenece al orden Urticales, familia Moraceae y género *Morus*. La familia Moraceae se subdivide en cuatro subfamilias que agrupan 55 géneros y 950 especies, en su mayoría intertropicales. Es originaria de China y es un árbol frondoso de ramas finas, cuyas hojas se utilizan, desde hace cinco mil años, para alimentar a los gusanos de seda. Las especies más conocidas son *Morus alba* y *Morus nigra* (Sánchez, 1999).

Planta leñosa, de tamaño medio – bajo, con hojas generalmente alternas, simples, íntegras hasta lobadas, brillantes y estipuladas. Flores en inflorescencias cimosas, agrupadas en glómérulos globulosos y frutos de color blanco a morado. *M. alba* y *M. nigra*, son principalmente utilizadas en la alimentación del gusano de seda, control de erosión y como planta ornamental. Su uso como planta forrajera ha sido reconocido en Centroamérica (Sánchez, 1999).

Su cultivo se realiza generalmente con temperaturas de 18 a 380 C; precipitación de 600 a 2.500 mm; fotoperíodo de 9 a 13 horas/día y humedad relativa de 65 a 80%. Se cultiva desde el nivel del mar hasta 4.000 m de altitud y se reproduce por semilla, estaca, acodo e injerto (Benavides, 1999).

### **2.1.2. Clasificación Taxonómica**

Botánicamente la especie *Morera spp* pertenece al género *Morus*, familia Moraceae, orden Urticales, subclase Dicotiledónea, clase Angiosperma y división Spermatophyta (Cifuentes y Kee-Wook, 1998).

Las plantas pertenecientes a esta familia están clasificadas en cuatro subfamilias, 55 géneros y cerca de 950 especies (Sibuya-Ku, 1975).

La clasificación taxonómica para la morera según Zheng, et al. (1988), citado por Cifuentes y Sohn (1998), es la siguiente:

**DIVISION:** Spermatophyta

**CLASE:** Angiosperma

**SUBCLASE:** Dicotiledónea

**ORDEN:** Urticales

**FAMILIA:** Moraceae

**GENERO:** Morus

**ESPECIE:** alba, nigra, rubra, indica, insignis, etc.

El principal agente polinizador de la morera es el viento. La mayoría de las especies son diploides con 28 cromosomas; sin embargo, las triploides se cultivan también extensivamente por su adaptabilidad, crecimiento, vigor y calidad de las hojas (Cappelozza, 2002).

En los siglos XIX y XX se realizaron varias divisiones del género Morus, las que estuvieron fundamentalmente basadas en la presencia o ausencia de estilo en la flor, la protuberancia y vellosidad del estigma, la inflorescencia, la sorosis, la base del estilo bilobulado y la morfología de la hoja, principalmente la forma de la base.

### **2.1.3 Origen, distribución y adaptación**

Desde tiempos ancestrales los árboles de morera han crecido de forma individual y silvestre (Cifuentes y Kee-Wook, 1998) y comenzó a sembrarse para la sericultura hace alrededor de 4 500 años (Kitahara, 2001). Los dos reportes más ancestrales que incluyen a la morera en la historia de la humanidad provienen del año 1123 antes de Cristo; 3 126 años atrás en Korea (Ho-Zoom y Won-Chu,

2001), y de la dinastía Ming en China (Xiangrui y Hongsheng, 2001). De ahí que se considere uno de los cultivos más antiguos del mundo.

Con el inicio de la sericultura las plantas de morera fueron llevadas a diversos países del mundo para iniciar la producción del gusano de seda. Por el hecho de ser una especie cosmopolita ha sido extremadamente difícil situar con seguridad el origen de esta planta; no obstante, varios autores señalan al Himalaya como el lugar más probable de origen (Benavides, 2000; Sánchez, 2001; Datta, 2002).

El género *Morus* se ha distribuido en casi todo el mundo, tanto en áreas templadas como tropicales. Solo la especie *M. rubra* es oriunda de América y el continente australiano es el único que no cuenta con ninguna de las especies de morera en la actualidad (Sánchez, 2002).

China, la India y Brasil son los países más representativos en cantidades de este cultivo por unidad de área, aunque en este último país la mayor cantidad de variedades se han obtenido por cruzamientos genéticos (Almeida y Fonseca, 2002).

### **3.1.1 Condiciones agroecológicas**

#### **2.1.4.1. Clima**

La morera es una especie que se adapta a las más variadas condiciones, ya que puede desarrollarse entre 50° de latitud Norte y 35° de latitud Sur, es decir tiene la capacidad de crecer bien en las zonas templadas y tropicales (Soria et al. 2001).

Se reportan buenos crecimientos con temperaturas que oscilen de 13 a 38 °C, siendo el rango entre 22 y 26 °C el óptimo para su desarrollo. Asimismo, con precipitaciones entre 600 y 2500 mm, con un fotoperíodo de 9 a 13 horas/día, una humedad relativa de 65 a 80 % y una altitud desde el nivel del mar hasta 4000 msnm, se reportan muy buenos rendimientos. (Soria et al. 2001).

#### **2.1.4.2. Suelos**

Es una especie que se adapta a condiciones edáficas variables, pero prefiere suelos de textura media como los franco-arcillosos, francos o franco-arenoso, con estructuras de tipo granular, ya que tiene un sistema radicular profundo en donde sus raíces llegan a alcanzar más de 6 metros. Esta característica la hace capaz de utilizar los nutrimentos del subsuelo (Ting-Zing et al. 1988).

Siempre se consideró a la morera como una planta altamente extractora de nutrimentos del suelo, sin embargo debido a las grandes profundidades que alcanzan sus raíces, se ha demostrado que no perjudica las condiciones de fertilidad del suelo, esto se determinó mediante un estudio de suelos. (Castro 2005).

Los suelos deben tener también un buen drenaje porque esta especie no resiste las condiciones de encharcamiento, pero al mismo tiempo exige que tengan buena retención de humedad con un 50 a un 60 % y un contenido de materia orgánica entre 2 y 3 % (Ting-Zing et al. 1988).

La capacidad de retención de humedad del suelo está estrechamente relacionada con su textura. En un suelo muy arenoso con baja posibilidad de retención de humedad, se debe regar más regularmente, a efecto de que no disminuya la producción así como la calidad del forraje (Ting- Zing et al. 1988).

El pH del suelo es una propiedad importante para el cultivo de la morera, siendo el rango de valores óptimo para su crecimiento, aquellos que fluctúen entre 6,5 y 7,0. Rodríguez 1978, menciona al igual que otros autores que el principal efecto pernicioso de la acidez del suelo es la toxicidad del aluminio, ya que afecta las funciones biológicas de las raíces.

### 2.1.5. Utilización

La morera es una verdadera planta multipropósito y aun cuando está ampliamente distribuida en el mundo, ha recibido poca atención en términos de su potencial de utilización. El uso principal y más difundido, a nivel mundial, es en la sericultura como alimento del gusano de seda (*Bombix mori*), el que consume las hojas de morera y las transforma en capullos, que luego son devanados y convertidos en finos hilos, con los cuales se producen telas para la elaboración de múltiples confecciones (Kitahara y Kawano, 2002;; Sánchez, 2002).

Después de la decadencia de la industria de la seda, su uso se ha diversificado vertiginosamente. De esta forma, y sobre la base de su elevada adaptabilidad y grado de selección, se reportan más de una decena de usos en el mundo, y en la actualidad más de 42 países la utilizan de una u otra manera. Del total de naciones que cultivan la morera, el desglose, según su uso, corresponde a 60% en actividades agrícolas; 48% en la fabricación de la seda y como forraje; 26% en labores de jardinería, paisajismo y preparación de infusiones; 31% como alimento y 14% como frutal, además de emplearse para mejorar el ecosistema (Kitahara y Kawano, 2002;; Sánchez, 2002).

También se reconocen otros múltiples empleos y beneficios (Zepeda, 1991), los cuales demuestran el potencial de explotación desde el nivel industrial hasta el familiar. En su uso como forraje ha demostrado una gran potencialidad, por la calidad y producción de su follaje, características organolépticas y alto consumo animal (Benavides, 1996).

Las características nutricionales, la elevada producción de biomasa, la versatilidad agronómica, la aceptabilidad, la tolerancia a la sequía y la disponibilidad mundial que posee la morera, en comparación con otros forrajes utilizados tradicionalmente, hacen de esta planta una opción importante para la intensificación de los sistemas ganaderos. En las áreas de producción, en cultivos

puros o asociados, así como en aquellos donde la morera crece en forma natural, el corte y acarreo es el modo más práctico de usarla como forraje para el ganado (Benavides, Esquivel y Lozano, 1995).

La mayoría de los resultados obtenidos en este sistema han sido específicamente con cabras y corderos, en los que el forraje se ha utilizado como suplemento de dietas basales y de baja calidad (Benavides, Esquivel y Lozano, 1995).

Con vacas lecheras en pastoreo, al comparar el follaje de morera y concentrado como complemento Oviedo (1995) obtuvo un nivel de producción de leche similar (13,2 y 13,0 kg/animal/día, respectivamente) para cada suplemento a iguales niveles de consumo de MS (1,0% del PV) y muy superior al obtenido con pastoreo solo (11,3 kg/animal/día). En terneras Jersey destetadas a los 90 días se alcanzaron pesos superiores a los 120 kg a la edad de 165 días, al ofertar morera fresca y picada *ad libitum*, en combinación con concentrado comercial a razón de 1,0 kg/animal/día, observándose un nivel de consumo máximo de 1,8% del peso vivo (Jiménez y Aguirre 1998).

#### **2.1.6. Métodos de propagación**

El propósito de la propagación es producir una cantidad individual de plantas que tengan características similares a las de sus parentales. La morera puede ser propagada por métodos sexuales o asexuales. La propagación sexual no es generalmente recomendada, ya que por una parte existe muy poco control sobre la calidad de los arbustos producidos y, por la otra, dificulta y hace antieconómica la multiplicación en masas de plantas para siembras comerciales. Por ello los métodos más comúnmente empleados son los asexuales: injertos, acodos y estaca (Cifuentes y Kee-Wook; 1998).

La propagación de la morera por estacas es la más utilizada porque es una forma fácil y rápida de conservar las mismas características de las plantas madres.

Además, de una rama adulta de morera se pueden obtener entre 10 y 20 estacas por corte, que pueden ser usadas como semillas vegetativas (Cifuentes y Kee-Wok, 1998), por lo que se garantiza una gran cantidad del material de propagación

#### **2.1.6.1. Propagación por estacas**

Una alternativa común de propagación es la vegetativa, por medio de estacas. Este método consiste en separar un fragmento vegetal, mantenerlo vivo y conseguir que se regenere (Heede y Lecourt, 1981). Las estacas pueden provenir de un tallo, una raíz o una hoja y se denomina estaca de tallo, raíz u hoja (Hartmann y Kester, 1988). Este sistema permite que las variedades e híbridos existentes, o futuras plantas mejoradas, sean inmediatamente incorporados a los sistemas de producción.

En ambientes tropicales el establecimiento de estacas de morera es mayor al 90%. No es necesario preparar el terreno ni corregir la acidez del suelo. Las estacas pueden guardarse por más de una semana a la sombra y por más de 100 días en cámara fría sin afectar la capacidad de enraizamiento (Benavides, 1999).

Otra de las ventajas de esta forma de propagación es que a partir de plantas madres es posible reproducir una gran cantidad de plantas en un espacio limitado. Además, se obtiene una mayor uniformidad en las plantas establecidas, debido a la ausencia de variaciones genéticas que, en general, aparecen en las plantas provenientes de semilla (Hartmann y Kester, 1990).

Sin embargo, la propagación por estacas presenta algunos inconvenientes: las plantas obtenidas por esta vía son menos vigorosas, debido a su sistema radicular superficial y relativamente pobre; además estas plantas son relativamente menos resistentes a enfermedades, que en muchos casos son producto de lo anterior. No todas las especies toleran este tipo de propagación, por lo que es imprescindible el uso de fitohormonas y reguladores de crecimiento (Cuculiza, 1956).

Las estacas obtenidas de especies de hoja caduca, se denominan “estacas de madera dura” y “estacas de madera suave” o “de madera semidura” a las que se recolectan durante la temporada de crecimiento; mientras las plantas presentan tallos no lignificados o cuya madera ha madurado sólo parcialmente (Weaver 1976).

#### **2.1.6.2. Formación de raíces adventicias.**

Según Botti (1999), la formación y el desarrollo de raíces a partir de estacas puede dividirse en cuatro etapas: inducción y diferenciación de un grupo de células meristemáticas (inicio de división celular); aumento de las divisiones celulares para formar los primordios iniciales (aún no determinados); organización de estos grupos en primordios radiculares (cuando hay aproximadamente 1500 células en cada primordios inicial) y crecimiento, diferenciación y emergencia de las nuevas raíces, incluyendo la ruptura de tejidos superficiales para permitir su salida y la conexión vascular con los tejidos vasculares de la estaca.

Los tejidos de los tallos más susceptibles a formar primordios radicales son: epidermis, parénquima cortical, parénquima radial, cambium vascular y parénquima floemático (Botti, 1999).

Las raíces adventicias suelen originarse a partir de células que se dividen en la proximidad del floema de los vasos conductores, los cuales forman un callo del que se diferencian luego las raíces. Si se produce una herida en una planta herbácea, las células parenquimatosas próximas a la herida se diferencian y vuelven a dividirse para formar un callo cicatricial, el cual corresponde a un conjunto de células parenquimáticas en varios estados de lignificación (Strasburger, 1994).

En los vegetales leñosos, el callo suele proceder del cambium, aunque también de la corteza y médula. Más tarde empiezan a aparecer en algunas células del callo diferenciaciones que conducen a un nuevo tejido: se forman, por ejemplo, puntos vegetativos caulinares o radicales y se establece la unión con los elementos conductores (Strasburger, 1994).

En la mayoría de las plantas, la formación de callo y de las raíces son independientes entre si y cuando ocurren en forma simultánea es debido a su dependencia de condiciones internas y ambientales similares (Hartmann y Kester, 1990).

Gutiérrez (1995), señala que la formación de raíces depende de una serie de factores internos o endógenos, los que interactúan, en forma compleja, generando cambios en el metabolismo, la diferenciación y el crecimiento.

### **2.1.6.3. Bases fisiológicas de la iniciación de la raíz en las estacas**

El desarrollo vegetal está influenciado, entre otros factores, por diversas sustancias de síntesis natural, conocidas como hormonas, y otras sintéticas denominadas reguladores de crecimiento. Para distinguir entre hormonas vegetales y reguladoras del crecimiento, se puede decir que, todas las hormonas regulan el crecimiento, pero que no todos los reguladores del crecimiento son hormonas. De las fitohormonas (etileno, giberelinas, citoquininas, auxinas e inhibidores del crecimiento, como el ácido abscísico), las auxinas son los que tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1990).

Para explicar el proceso de inducción de raíces, existe la teoría de la rizocalina de Bouillene, la cual establece que un compuesto fenólico no específico (posiblemente dihidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Este cofactor es producido en las hojas y yemas de la estaca y posteriormente translocado a la región del enraizamiento, donde en presencia de un factor no específico; que es

translocado y que se encuentra en concentraciones bajas en los tejidos y de una enzima específica, localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol-oxidasa), completan el complejo rizocalina, el cual actúa como estimulante de la rizogénesis (Bonga, 1983; Pardos, 1985; Hartmann y Kester, 1990; citados por Gutiérrez, 1995).

Es sabido que la presencia de hojas en las estacas ejerce una fuerte acción estimulante sobre la iniciación de raíces. Es probable que el fuerte efecto promotor de inducción de raíces que ejercen las hojas y yemas, se deba a otros factores más directos, dado que las yemas y hojas son poderosos productores de auxinas y los efectos se observan directamente debajo de ellas, ya que existe un transporte polar, del ápice a la base. (Hartmann y Kester, 1977).

Estas auxinas se sintetizan en las hojas y meristemas apicales, a partir del aminoácido triptofano. La auxina ácido indol-3-acético (IAA) es una hormona natural que promueve la formación de raíces adventicias. También se ha demostrado que las formas sintéticas, como los ácidos indol-butírico (AIB) y naftalenacético (ANA), son más efectivos que el AIA para estimular la formación de raíces en estacas, debido a que no son tóxicos para las plantas en una amplia gama de concentraciones y estimulan el enraizamiento en un gran número de especies, además presentan una mayor fotoestabilidad (Hartmann y Kester, 1990).

Las auxinas se mueven a través de células parenquimáticas, desde su lugar de formación hacia los haces vasculares del tallo y; a diferencia de lo que ocurre con los azúcares, iones y otros solutos, que se transportan a través de los tubos cribosos del floema; este transporte, célula a célula, se caracteriza por ser más lento; además, es un transporte polar, es decir, siempre basipétalo; en las raíces también es un transporte polar, pero en sentido acropétalo, hacia los ápices (Strasburger, 1994).

Para el crecimiento de raíces, en general se requieren bajas concentraciones auxínicas (dependiendo de la especie y la edad de la planta), debido a que las células de los meristemas radicales contienen un nivel de auxinas, provenientes de la parte aérea, suficientes para una elongación normal; no así para la formación de raíces adventicias, en donde se requieren mayores concentraciones (Salisbury, 1991).

Las auxinas cumplen un rol primordial en la elongación celular y este puede ser descrito en dos procesos: aumentan la plasticidad de la pared celular y participan en reacciones que permiten el depósito de celulosa dentro de las paredes. Estos dos fenómenos se producen debido a que las microfibrillas de celulosa, orientadas inicialmente en ángulo recto al eje longitudinal de crecimiento, van modificando su ángulo de posición durante el crecimiento, para finalmente orientarlas casi paralelas a dicho eje, lo que produce un estiramiento de la pared celular y por consiguiente un alargamiento de la célula (Salisbury, 1991).

Además, las auxinas intervienen en el crecimiento del tallo, inhibición de yemas laterales, abscisión de hojas y de frutos, activación de las células del cambium y otras (Salisbury, 1991).

Efecto de los carbohidratos en el enraizamiento La iniciación de raíces en las estacas requiere de energía. Considerando que las sustancias lipídicas normalmente no son abundantes en los tallos, la degradación de carbohidratos se constituye probablemente en la única fuente de energía en la estacas para activar el proceso rizógeno, señalándose al almidón, cuando está presente, como la principal y posiblemente única fuente de energía para la iniciación y desarrollo del primordios radical (Puri y Khara, 1992; citados por Gutiérrez, 1995).

Cofactores de enraizamiento y su comportamiento sinérgico con la auxina El hecho de que se inhiba el crecimiento y elongación de raíces utilizando altas

concentraciones de auxinas, se debe a que estas, en altas concentraciones, estimulan la formación de etileno el cual, a su vez en la mayoría de las especies, retarda la elongación, tanto de raíces como de tallos, debido a que provoca la expansión radial de las células, aumentando el grosor de la pared celular, evitando la expansión paralela de las microfibrillas de celulosa (Strasburger, 1994).

Las auxinas también promueven el desarrollo de raíces adventicias en estacas de tallo, ya que muchas especies leñosas poseen primordios de raíces adventicias en sus tallos, los cuales permanecen latentes por algún tiempo a menos que se les estimule con auxinas exógenas. Estos primordios, con frecuencia se encuentran en los nudos o en los extremos inferiores de las ramas que se localizan entre los nudos. En tallos que carecen de primordios radicales preformados, se formarán raíces adventicias a partir de divisiones celulares de la capa externa del floema (Salisbury, 1991).

Por otra parte, la eliminación de yemas y hojas jóvenes, ambas ricas en auxinas, inhibe el número de raíces laterales formadas, pero si se sustituyen auxinas, por estos órganos, con frecuencia se restituye la capacidad de la estaca de formar raíces. Si se aplica exógenamente auxinas, en altas concentraciones, se observa una inhibición en la elongación de raíces, pero una estimulación en la iniciación y desarrollo temprano de raíces (Salisbury, 1991).

Existen especies cuyas estacas son difíciles que formen raíces, debido a la presencia de inhibidores naturales asociados a compuestos fenólicos, como lo son la lignina, flavonoles, antocianidinas, etc. Lavando las estacas con agua aumenta la calidad y cantidad de las raíces que se producen, ya que, durante el lavado se liberan dichas sustancias (Hartmann y Kester, 1990).

Según Hartmann y Kester (1990), los principales factores que afectan la formación de raíces adventicias son:

1. Edad de la planta madre: tanto las estacas de tallo como en las de raíz tomadas de plantas jóvenes (en su fase de crecimiento juvenil), enraízan con mayor facilidad que aquellas tomadas de plantas más viejas (en fase de crecimiento adulto), debido a que con la edad se produce un incremento en la producción de inhibidores para la formación de raíces, lo que está asociado a un aumento del contenido de compuestos fenólicos. (Hartmann y Kester 1990).
2. Condición fisiológica de la planta madre: el material más adecuado para enraizar estacas es aquel en donde hay mayor riqueza de carbohidratos, lo que a su vez puede asociarse a la firmeza del tallo. Aquellos que tienen una concentración baja de carbohidratos son suaves y flexibles, mientras que los más ricos son firmes y rígidos. Un método para determinar el contenido de carbohidratos de reserva, presente en estacas, es la prueba del lugol (Hartmann y Kester 1990).

En las plantas madres, el contenido bajo de nitrógeno y elevado de carbohidratos parece favorecer el enraizamiento, por lo que es más conveniente usar plantas madres que se hallen a pleno sol (garantiza la acumulación de carbohidratos) y escoger porciones basales de las ramas que tienen una relación nitrógeno /carbohidratos que favorece un buen enraizamiento (Hartmann y Kester 1990).

3. Tipo de estaca: en especies leñosas, el tipo de estaca a escoger varía, desde ramas terminales de crecimiento en curso (suculentas), hasta grandes estacas de madera dura de varios años de edad. Lo que puede ser ideal para una especie no necesariamente lo es para otra. En general, han mostrado mejor respuesta las provenientes de ramas laterales y, al parecer, existe un efecto opuesto entre el crecimiento vegetativo y floral (Hartmann y Kester 1990).

Cuando las estacas se toman en cualquier época, durante el estado vegetativo, enraízan bien, pero tan pronto como la planta madre empieza a florecer, las estacas difícilmente formarán raíces. Se sabe que entre la base y la zona apical de la rama existen marcadas diferencias en la composición química (Hartmann y Kester 1990).

A menudo se han observado variaciones en la producción de raíces entre las estacas tomadas de diferentes porciones de la rama, encontrándose, en muchos casos, que el mayor enraizamiento se obtiene de la porción basal de la misma. En tallos leñosos de un año o más de edad, en donde se han acumulado carbohidratos en la base de ramas y tal vez en donde posiblemente bajo la influencia de sustancias promotoras del enraizamiento procedentes de yemas y hojas, se han formado en las partes basales algunas iniciales de raíces, el mejor material para estacas es la porción basal (Hartmann y Kester 1990).

En plantas deciduas, de las cuales se usan ramas suculentas para hacer estacas de madera suave, su situación es diferente, ya que aquí no se encuentran acumulaciones de carbohidratos ni iniciales de raíces preformadas, por lo que las mejores respuestas al enraizamiento de las zonas apicales de las ramas, puede ser explicado por la posibilidad de que contengan mayores concentraciones de sustancias endógenas promotoras del enraizamiento originadas de la yema terminal. Además en las estacas terminales existe menos diferenciación, habiendo más células que pueden volverse meristemáticas (Hartmann y Kester 1990).

4. Época de colecta: con frecuencia, los efectos de la temporada del año son reflejo de la respuesta de las estacas a las condiciones ambientales de las distintas épocas del año. Sin embargo, en algunos casos, la época del año

puede tener enorme influencia en los resultados obtenidos y es clave para conseguir un enraizamiento exitoso. En especies caducifolias se pueden tomar estacas durante la estación de receso o bien durante la temporada de crecimiento y se pueden preparar estacas con hojas de madera suave o semi dura, succulenta o parcialmente madura. (Hartmann y Kester 1990).

Las especies siempre verdes de hoja angosta (coníferas) y de hoja ancha (latifoliadas) tienen, durante el año, uno o más periodos de crecimiento y se pueden obtener estacas en varias épocas relacionadas con dichos periodos. Con respecto a las especies siempre verdes de hoja ancha, éstas enraízan con más facilidad si las estacas se toman después que se ha completado un ciclo de crecimiento y la madera está parcialmente madura; dependiendo de la especie (Hartmann y Kester 1990).

5. Condiciones sanitarias: la presencia de agentes patógenos no sólo reduce el porcentaje de enraizamiento, sino también el número de raíces que forman las estacas (Hartmann y Kester 1990).
  
6. Condiciones ambientales: son importantes ya que, en las estacas con hojas es esencial que éstas mantengan su turgencia y que tengan un potencial de agua elevado. Aunque la presencia de hojas en las estacas es un fuerte estímulo para la formación de raíces, por la producción de carbohidratos y auxinas, la pérdida de agua que ocasionan puede reducir el contenido de agua de las estacas a un nivel tan bajo, que provoque la muerte antes que se formen las raíces (Hartmann y Kester 1990).

Al respecto Maleike, citado por Awad (1993), opina que el humedecimiento de las hojas de las estacas tiene ciertas ventajas y desventajas. La evaporación desde la superficie de las hojas enfría las estacas reduciendo la respiración. El agua puede ser absorbida a través de las hojas reduciendo la pérdida de esta desde su superficie, conservándola internamente. La temperatura debe variar de 21 a 27° C en el día y de 20° C en la noche, aunque ciertas especies enraízan a temperaturas más bajas (Hartmann y Kester 1990).

Las temperaturas elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas. La intensidad y la duración de la luz deben ser lo suficientemente grandes para que se acumulen más carbohidratos de los que se emplean en la respiración (Hartmann y Kester 1990).

7. Condiciones de enraizamiento: los medios de enraizamiento pueden ser muy variados. Estos, deben proporcionar una buena aireación, una alta capacidad de retención de agua y buen drenaje, además de mantener a la estaca, durante el período de enraizamiento, libre de bacterias y hongos perjudiciales (Hartmann y Kester 1990).

En aquellas especies que enraízan con dificultad, puede ayudar el uso de enraizantes, no sólo por el porcentaje de estacas enraizadas, sino también por la calidad del sistema radical formado. El tratar estacas con sustancias reguladoras de crecimiento, de tipo auxina (hormonas), aumenta el porcentaje de estacas que forman raíces, acelera la iniciación de ellas, aumenta el número y calidad de las raíces producidas por estaca y aumenta la uniformidad del enraizamiento ( Hatmann y Kester, 1990 ).

#### **2.1.6.4. Ejemplos de propagación por estacas en especies leñosas**

##### **2.1.6.4.1. Fernansanchez**

El objetivo principal de esta investigación fue “Establecer la metodología para propagar vegetativamente el Fernansánchez (*Triplaris guayaquilensis*) con la aplicación de ácido naftalenacético (ANA) y ácido Indolbutírico) (AIB) estimuladores de enraizamiento”. Esta investigación se la realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). El material vegetativo se obtuvo de los viveros de la finca experimental “La Represa”, propiedad de la UTEQ. (Acosta, 2006).

Los mejores tratamientos para el enraizamiento del Fernansánchez con las auxinas (ANA y AIB) se obtuvieron en las concentraciones de 1000 mgkg<sup>-1</sup> ANA + 1000 mgkg<sup>-1</sup> AIB para la longitud de la raíz mayor con 17.67 cm promedio, para el número de raíces la concentración de 500 mgkg<sup>-1</sup> ANA y + 500 mgkg<sup>-1</sup> AIB con 5 raíces promedio, en sobrevivencia la concentración de 500 mgkg<sup>-1</sup> ANA + 500 mgkg<sup>-1</sup> AIB con 9.33 % promedio y la concentración de 1000 mgkg<sup>-1</sup> ANA +1000 mgkg<sup>-1</sup> AIB para el vigor con e100% promedio. Para el vigor 2.890 equivalente a 3, promedio en categoría. (Acosta, 2006)

##### **2.1.6.4.2. Moral fino**

En esta investigación se desarrolló un método para propagar vegetativamente al *Chlorophora tinctoria* L. (Gaud) empleando las hormonas de enraizamiento ANA y AIB. Para ello se utilizó como material vegetal yemas axilares de siete centímetros de longitud y 21 días de edad, provenientes de árboles maduros de 20 años, las cuales fueron desinfectadas en una solución de vitavax por 10 minutos. Posterior a esta actividad se aplicó la mezcla de las hormonas en la base de las yemas (Villacís, 2003).

En este trabajo se evaluaron cuatro concentraciones de auxinas, reportando los mejores resultados en las variables supervivencia y porcentaje de enraizamiento la combinación “2000 mgkg<sup>-1</sup> de ANA + 2000 mgkg<sup>-1</sup> de AIB” con un valor promedio final de 70 y 100 %, respectivamente. El tratamiento “1000 mgkg<sup>-1</sup> de ANA + 1000 mgkg<sup>-1</sup> de AIB” presentó los mejores resultados para la longitud de raíz mayor, número de brotes, longitud de brote mayor y supervivencia (Villacís, 2003).

#### **2.1.6.4.3. Teca**

La inducción del enraizamiento ex vitro con polvos enraizadores se utilizaron brotes de 2 cm de altura y 3 pares de hojas, posteriormente se colocaron en un sustrato de zeolita, bajo túnel, con un sistema de riego micro jet, y una frecuencia de 30 seg. Cada 30 min. Se establecieron 40 ramillas en diferentes concentraciones de polvos enraizadores. Los explantes tratados con el polvo enraizador a 1000 mgkg<sup>-1</sup> de ANA + 1000 mgkg<sup>-1</sup> de AIB fueron los que presentaron el mayor porcentaje de enraizamiento (92.5 %) (Ramos, 2000).

Esta respuesta disminuye con el incremento de la concentración hormonal. Al analizar el comportamiento del número de raíces y la longitud de la raíz mayor se encontró que estas variables se comportan mejor en las microestacas que se trataron con polvo enraizador. Los explantes tratados con 1000 mgkg<sup>-1</sup> de ANA + 1000 mgkg<sup>-1</sup> de AIB presentaron la mayor cantidad de raíces y mayor longitud de las mismas, 2 y 3.8 respectivamente (Ramos, 2000).

La cantidad y longitud de las raíces también varió con la condición ambiente y el tratamiento con auxinas. En invernadero las estacas desarrollaron un buen sistema radicular, compacto, con raíces largas y muy numerosas, con frecuentes raíces laterales; en vivero el sistema radicular fue menos compacto, de raíces más cortas y con menor presencia de raíces laterales. Lo mismo ocurrió con estacas tratadas con Rootone en invernadero, con respecto a las sin tratar bajo la misma condición ambiente (Cabello, 1990).

En la investigación realizada en efectos de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de ficus benjamín en diferentes épocas del año, dio los siguientes resultados. La dosis de 1500 ppm de AIB produjo el máximo porcentaje de enraizamiento y el mayor volumen de raíces formadas con el 73.3% y 0.72% respectivamente. La dosis de 10.000 ppm de AIB se mostró más inhibitoria en las variables consideradas en este experimento, con excepción del porcentaje de enraizamiento, el cual fue mayor para las variables estudiadas. Al término de 50 días los tratamientos de 1500 y 3000 ppm. De AIB favorecieron el crecimiento de altura y número de hojas formadas de Ficus benjamín. Bermeo y Riviera 2006.

#### **2.1.6.4.3. Morera**

Boschini y Rodríguez (2002). Investigaron en la Inducción del crecimiento en estacas de morera, con ácido indol butírico (AIB), el cual mayor porcentaje de brotes, en un periodo de 35 días, se observó en las ramas de 112 días de edad, siendo un 9% foliares, 12% radicales y 31% en ambos extremos. Se estimó que la edad óptima de la rama para lograrse la máxima brotación total fue a los 117 días.

Las estacas extraídas de la parte basal y medial de la rama mostraron un 10% más de brotes foliar y radicular que en la estaca proveniente de la parte apical. La estimulación con AIB sobre la brotación total de yemas y raíces mostró diferencias apreciables ( $P \leq 0,01$ ) entre la aplicación y no aplicación de AIB. Dependiendo de la edad de la estaca y el lugar de extracción de la rama, el uso de AIB estimuló entre 11 y 15% la brotación total de las estacas (Boschini y Rodríguez, 2002).

Vidal 2010. Investigo la propagación vegetativa para *Simarouba amara* Aubl., especie forestal de gran valor actual y con potencial para ser empleada en plantaciones comerciales, en este estudio se realizaron tres ensayos; en el primer

ensayo, se usó cinco concentraciones de AIB (0, 1000, 3000, 5000 y 8000 ppm), en tres sustratos (arena fina, arena gruesa y grava fina), en un diseño de bloques con parcelas divididas; obteniendo un enraizamiento (19.4%) con dosis de 8000 ppm en sustrato grava fina; en el segundo ensayo se utilizó la dosis y el sustrato más relevantes del primer ensayo, como también se usaron tres tipos de estacas (apical, media y basal), dos áreas foliares (20 y 60 cm<sup>2</sup>) y dos longitudes de estacas (4 y 6 cm), en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, obteniendo en estacas apicales y medias el mayor porcentaje de brotamiento (85.7 y 64.8%) y un alto porcentaje de sobrevivencia (91.9 y 86.58%), respectivamente.

Finalmente se realizó en tercer ensayo donde se utilizó los mejores resultados del primer y segundo ensayo, aplicando dosis de 8 000 ppm de AIB, logrando un porcentaje de enraizamiento superior a los ensayos anteriores (63.88%). Por lo tanto se puede propagar vegetativamente a Marupa, aplicando 8000 ppm de AIB, en estacas apicales o medias de 6 cm de longitud con 60 cm<sup>2</sup> de área foliar instalados en sustratos de granulometría gruesa (1 -4 mm) (Vidal 2010).

### **2.1.7. Reguladores de crecimiento**

Los reguladores vegetales son compuestos orgánicos distintos de los nutrientes que en pequeñas cantidades estimulan, inhiben o modifican de cualquier otro modo cualquier proceso fisiológico de las plantas y la más importante es la auxina el propósito de tratar las estacas con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radical formado (Hartmann y Kester 1983).

El desarrollo vegetal está influenciado, entre otros factores, por diversas sustancias de síntesis natural, conocidas como hormonas, y otras sintéticas denominadas reguladores de crecimiento. Para distinguir entre hormonas vegetales y reguladoras del crecimiento, se puede decir que, todas las hormonas

regulan el crecimiento, pero que no todos los reguladores del crecimiento son hormonas. De las fitohormonas (etileno, giberilinas, citoquininas, auxinas e inhibidores del crecimiento, como el ácido abcísico), las auxinas son los que tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1990).

#### 2.1.7.1. Ácido Indolbutírico (AIB)

El AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento. Tiene la ventaja de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto (Mesén, 1998).

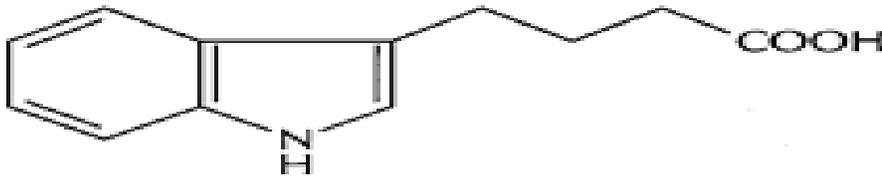
#### Propiedades químicas de AIB

Nombre común: Acido Indolbutírico

Nombre químico: Indole-3-butyric acid (AIB)

Fórmula empírica: C<sub>12</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>2</sub>

Fórmula estructural



#### Ácido-3-indolbutírico

**Peso molecular:** Acido Indolbutírico (Auxinas): 203.2

**CAPITULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 3.1 Materiales y Métodos

### 3.1.1 Localización y duración del experimento

La presente investigación se realizó entre Agosto a Octubre del 2013, en un invernadero localizado en el Recinto Las Tecas, del Cantón “El Empalme”, provincia del Guayas cuyas coordenadas, geográficas es de 1° 3' 0" S y 79° 39' 0" longitud Oeste, a una altura de 67 m.s.n.m.

### 3.1.2 Condiciones meteorológicas

A continuación se presentan las condiciones meteorológicas del lugar de investigación. Cuadro 1.

**Cuadro 1. Condiciones meteorológicas de la zona de investigación.**

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Lluvia. mm	1235
Humedad relativa. %	83.5
Altitud. Msnm	67
Temperatura media. °C	24
Heliofania. h. luz año	957.6
pH	5.5 a 6.5
Textura del suelo.	Franco arenoso.
Zona ecológica.	Bh
Topografía	regular

Fuente: Datos tomado del Anuario de UNIAGRO UTEQ. 2013.

### **3.1.3 Materiales**

Estacas de ramillas de un año de *Morus spp*, colectadas en la Facultad de Ciencias Pecuaria de la Universidad Técnica estatal de Quevedo.

#### **Materiales de laboratorio**

- Ácido indol -butírico (AIB)
- Agua destilada
- Alcohol

#### **Materiales de Campo**

Para la presente investigación las herramientas (materiales y equipo) que se utilizó, se citan a continuación.

- Invernadero (estructura de madera)
- Sustratos (arena – carboncillo de arroz)
- Fungicidas
- Zarán (50%)
- Polietileno de alta densidad (plástico)
- Machetes y cuchillas
- Cinta adhesiva
- Cinta métrica
- Calibrador pie de rey
- Recipientes de plástico
- Computadora
- Materiales fungibles (papelería – lápices – cartuchos de impresión, etc).

### 3.1.4 Tratamientos

#### Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones y cada unidad experimental estará constituida por diez estacas. Para determinar las diferencias entre medidas se utilizara la prueba de Tukey al ( $P_c=0.5$ ).

#### Cuadro 2. Análisis de varianza

Fuente de variación		Grados de libertad	
Tratamiento	(T - 1)	5 - 1	4
Error	T(R - 1)	5(5 - 1)	20
<b>TOTAL</b>	<b>T.R - 1</b>	<b>5.5 - 1</b>	<b>24</b>

#### 3.4.1. Factores en estudios

Se emplearon cinco concentraciones hormonales: Acido indol butírico (AIB) se detalla a continuación:

$T_0$  = Sin Hormona

$T_1$  = 2000 mg./L AIB

$T_2$  = 4000 mg./L AIB

$T_3$  = 6000 mg./L AIB

$T_4$  = 8000 mg./L AIB

### 3.4.2. Unidad experimental

En la presente investigación se utilizó 250 estacas de morera y cada unidad experimental estará constituida por 10 cepas.

**Cuadro 3.** Unidad experimental

Tratamientos	UE	Rep.	N° Estacas/Tra
T0 Sin Hormona	10	5	50
T1 2000 mg./L AIB	10	5	50
T2 4000 mg./L AIB	10	5	50
T3 6000 mg./L AIB	10	5	50
T4 8000 mg./L AIB	10	5	50
Total			250

### 3.1.5. Manejo del experimento

#### 3.1.5.1. Preparación del sustrato de enraizamiento y Construcción de umbráculo

En la elaboración del sustrato para las platabandas de enraizamiento, se utilizó una mezcla de tierra del lugar, cascarilla de arroz quemado y arena, en las siguientes proporciones 5:4:1 respectivamente; para realizar la medición de las proporciones se utilizó una carretilla en la cual se llenara el material utilizando hasta el borde, retirando el exceso con una tabla, esta cantidad de material se denominó unidad por efectos del ensayo. Para reducir la intensidad luminosa y poder controlar la temperatura se construyó un umbráculo de 2 x 8 m, con una estructura de caña y un zarán que permite el 25% de paso de luz.

### **3.1.5.2. Elaboración de platabandas de enraizamiento**

Las dimensiones de las platabandas de enraizamiento fueron las siguientes: 1.2 m. de ancho, 8 m. de largo y 0.20 m. de altura, cabe indicar que la altura de la platabanda fue de 0.10 m. desde el nivel del suelo, es decir, la platabanda se levantó 0.10 m. Desde la superficie del suelo; para el caso de las platabandas con funda plástica, se mantuvo la misma altura en todas las plantas. Una vez nivelada la platabanda se administró riego hasta humedecer por completo las platabandas

### **3.1.5. 3. Preparación de Concentraciones Hormonales**

Para la preparación de las hormonas se procedió a pesar las distintas concentraciones de AIB; una vez pesada cada concentración fueron disueltas en una solución de 50% de alcohol etílico y 50% de agua. La parte basal de las estacas (2-3 cm) fue sumergida en la solución de AIB correspondiente. Cada tratamiento estuvo formado por 50 estacas, distribuidas en cinco unidades de observación.

### **3.1.5.4. Selección y preparación del material de siembra**

Debido a la falta de plantaciones de morera en óptimas condiciones para la obtención de material vegetativo de propagación cercanas a la zona del ensayo; se seleccionó la plantación de la UTEQ, la misma que ha sido manejada correctamente hace más de cinco años, de la cual se tomara el material vegetativo con las mejores características posibles de uniformidad.

Las varetas de morera permanecieron 15 días en mitigación bajo sombra desde que fueron cortadas hasta la siembra. Las estacas seleccionadas para la siembra del ensayo tuvieron entre 15 a 20 mm. de diámetro, una longitud de 15 a 20 cm. y de 3 a 4 yemas en buen estado; se escogió las estacas de la parte media de las varetas. El corte de las estacas fue en bisel en el extremo superior e - 45 - inferior; en la parte superior el corte fue realizado en el sentido contrario a la ubicación de

la yema para evitar que el agua de lluvia descienda sobre esta y provoque pudrimiento.

Posteriormente se introdujeron las estacas seleccionadas en 5 sacos de yute con 50 estacas en cada saco y se sumergió en solución desinfectante en dosis de 125 mL. de Vitavax flo en 50 L. de agua durante 20 minutos. Seguidamente se sembró, a una distancia de 0.2 m. entre hileras y 0.1 m. entre planta, se colocó las  $\frac{3}{4}$  partes de la estaca bajo la superficie del suelo, de tal forma que una sola yema quede sobre la superficie, se tomó la precaución de colocar las estacas a un solo lado y en la misma dirección.

#### **3.1.5.5. Datos registrados y método de evaluación**

Con la finalidad de evaluar el efecto de los tratamientos en estudio se tomaron los datos siguientes:

##### **a. Número de raíces**

Para conocer el número de raíces de las estacas se contó el número inicial de plantas y luego se registró el porcentaje a los 45 días de establecido el experimento.

##### **b. Longitud de raíces**

Se registró a los 45 días de edad, para la cual se midió la longitud en centímetros desde el cuello de la estaca hasta el ápice terminal de la raíz.

##### **c. Porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento**

Se contó el número de estacas brotadas de la parcela neta a los 45 días de la siembra de cada uno de los tratamientos de las 50 unidades

experimentales y se calculó el porcentaje de sobrevivencia por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Sobrevivencia} = \frac{\text{Número de estacas brotada}}{\text{Número de estacas sembradas}} \times 100$$

#### **d. Enraizamiento de la planta en %**

Se la considero a partir de los 45 días de iniciado el ensayo. En esta variable se contó todas las raíces que se formaron en cada estaca por su prendimiento.

#### **e. Porcentaje de mortalidad**

Este dato se lo expresó en porcentaje y se lo registró a partir de los 45 días del implante considerando solo las estacas no enraizadas.

#### **f. Masa radicular en (g)**

Se lo registro a partir de los 45 días del implante y se lo registro en porcentaje del total de plantas establecidas.

#### **g. Análisis económico**

Para efectuar el análisis económico de los tratamientos, se utilizó los costos totales (plantas, materiales y equipos, mano de obra, depreciaciones)

**CT = CT + CV;** donde:

**CT** = costos totales

**CF** = costos fijos, y

**CV** = costos variables.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el experimento se presentan a continuación:

### 4.1.1 Número de raíces

En el cuadro 4 se muestran los promedios del número de raíces en estacas de morera (*Morus spp*), se observaron diferencias altamente significativas, siendo los tratamientos T2 con 4000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó 15.80 número de raíces seguido del T4 con 8000 mg kg<sup>-1</sup> AIB obtuvo un promedio de 15.20 número de raíces, T3 con 6000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó el 13.76 número de raíces, T1 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó el 13.68 número de raíces y por último T0 (sin hormonas) quien registro un promedio de número de raíces 5.68.

El análisis de varianza para el número de raíces de estacas de morera (*Morus spp*) indica que el factor dosis de hormona AIB presenta influencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ), es decir, que los niveles de dosis de ácido indol-3-butírico (AIB) usados influyeron en el número de raíces (cuadro 4). En la mayoría de las especies el uso de la auxina sintética AIB demostró su efectividad frente a otras auxinas como ácido indol acético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA) (Acosta, 2006). Del mismo modo (Ramos, 2000, Villacis, 2003, Vidal, 2010 y Boschini y Rodríguez, 2002), determinaron que aplicando AIB se optimizó notablemente el número de raíces en estacas de morera (*Morus spp*), obteniendo de 7 a 15 raíces frente a 6 raíces en las estacas que no fueron tratadas con AIB (testigo).

**Cuadro 4** Promedio de números de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp.*)”

Tratamientos	Promedio
T0	5.68 b
T1	13.68 a
T2	15.80 a
T3	13.76 a
T4	15.20 a
CV%	10.05 %

Promedio con las mismas letras son estadísticamente iguales según la prueba de tukey ( $p \geq 0.05$ ).

En la figura 1 se confirma la diferencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el número de raíces debido a la dosis AIB, donde la dosis hormonal se presentan los promedios del porcentaje de números de raíces, encontrándose diferencia estadística en todo los tratamiento, donde los tratamientos T2 con  $4000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB alcanzó 15.80 número de raíces seguido del T4 con  $8000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB obtuvo el 15.20 número de raíces, T3 con  $6000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB alcanzó el 13.76 número de raíces, T1 con  $2000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB alcanzó el 13.68 número de raíces y por último T0 (sin hormonas) quien registro un promedio de número raíces de 5.68.

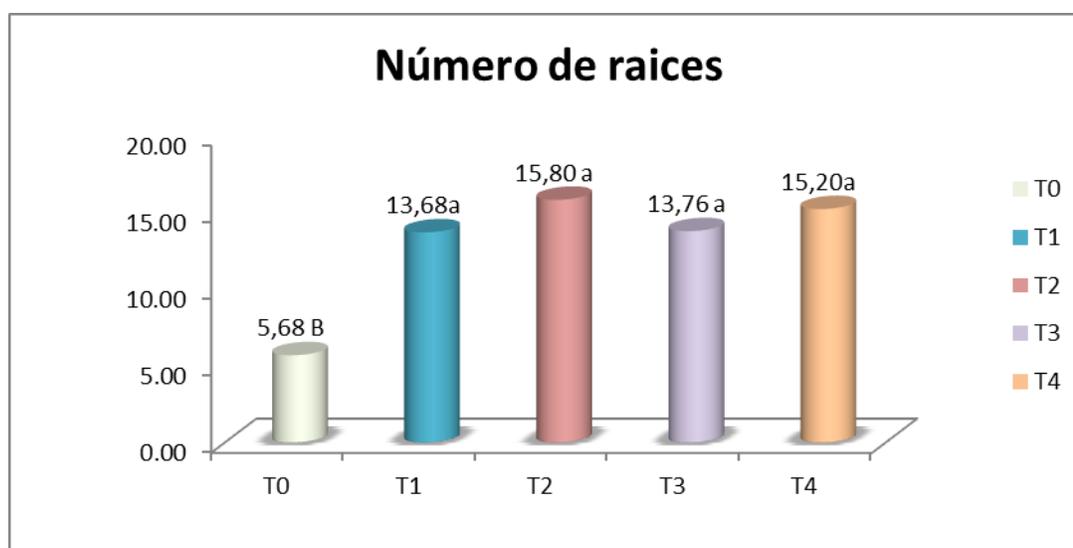


Figura 1. Promedio de números de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp.*)”

La capacidad de las auxinas para promover el número de raíces adventicias en estacas es bien conocida, y se ha atribuido a una mejora en el transporte de carbohidratos a la base del corte (Hartmann *et al.*, 1990). Este mismo autor afirma que uno de los efectos directos de la hormona enraizadora AIB, es el incremento de la actividad cambial subsecuente aumento del tejido parenquimático de mayor actividad metabólica en las estacas. Además, un efecto directo de las auxinas se produce en la división celular aumentando la tasa de transportes de carbohidratos y cofactores foliares a la base de las estacas promoviendo la iniciación y desarrollo de las raíces, en la actualidad está establecido que los metabolitos y otros cofactores de crecimiento se trasladan hacia la regiones tratadas con auxinas (Núñez 1997).

#### **4.1.2. Longitud de raíces**

El cuadro 5 se muestra el análisis de varianza con diferencias altamente significativa ( $p < 0.05$ ) en la longitud de raíz promedio por estacas de morera (*Morus spp*) debido a la dosis de AIB. Respecto las comparaciones de medias (cuadro 5 y figura 2) realizadas para la misma variable la dosis que influyó significativamente más ( $p < 0.05$ ) fue para T2 y T4 (4000 y 8000 ppm respectivamente), produciendo hasta 15,26 y 15.56 cm de longitud de raíz promedio por estaca respectivamente, estas dosis que representa la longitud más larga de raíz, indicaría que a mayores concentraciones de hormona AIB se satisface el elongamiento o crecimiento en longitud; la dosis de 6000 ppm también obtuvo una longitud de raíz promedio estadísticamente similar de 11.74 cm, seguido de 2000 ppm (8.02 cm) y finalmente, 0 ppm, con los que se logró medias muy baja de 3.78cm.

En la aplicación exógena de auxinas en la base de estacas tuvo un impacto positivo en la longitud de raíces promedio en estacas de morera; asimismo, otras investigaciones en propagación vegetativa de árboles tropicales como Fernansanchez, moral, teca y morera (Acosta, 2006), Villacis (2003); Ramos

(2000) y Boschini y Rodríguez, 2002 individualmente también tuvieron similar respuesta.

**Cuadro 5.** Promedio de longitud de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*)."

Tratamientos	Promedio
T0	3.78 d
T1	8.02 c
T2	15.26 a
T3	11.74 b
T4	15.56 a
CV%	12.93 %

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la prueba Tukey al 95 % de probabilidad

En la figura 2 se presentan los promedios de la longitud de la raíces donde podemos observar que el T2 4000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó 15.26 cm longitud de raíces seguido del T4 con 8000 mg kg<sup>-1</sup> AIB que obtuvo el 14.56 cm de longitud de la raíz, T3 con 6000 mg kg<sup>-1</sup> AIB, alcanzó el 11.74 cm de longitud de raíces, T2 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB, alcanzó el 8.02 cm de longitud de raíces y por último T0 (sin hormonas) quien registro un promedio de longitud de raíces de 3,78 cm, hay que destacar sin embargo que cuando no hay formación de raíces no se produce la liberación y translocación de la auxina endógena, la cual es un requerimiento para la iniciación de las raíces adventicias en tallo y para la división de las primeras células iniciadoras de la raíz .

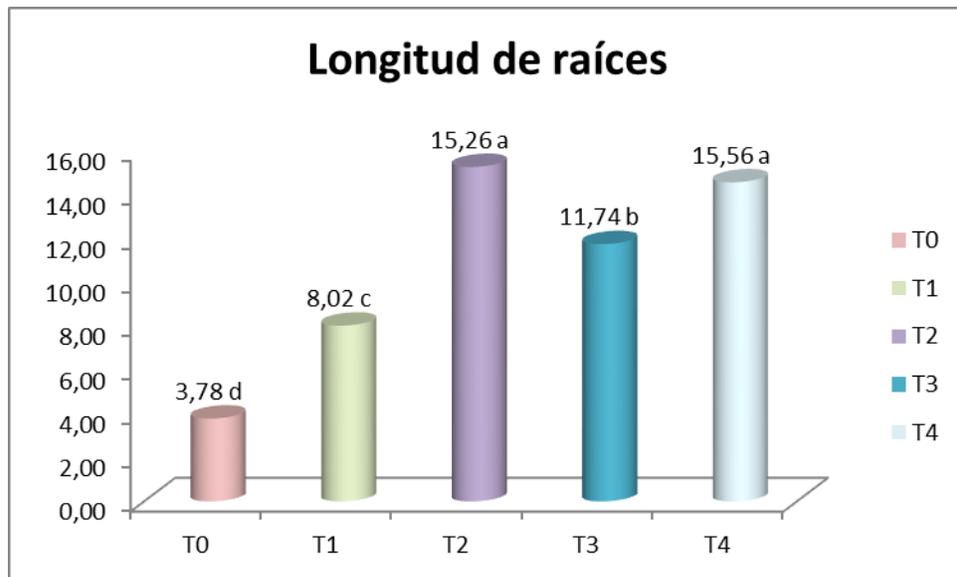


Figura 2. Promedio de longitud de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*)

#### 4.1.3 Enraizamiento de la planta en porcentaje

El análisis de varianza para el porcentaje enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) indica que el factor dosis de hormona AIB presenta influencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ), es decir, que los niveles de dosis de ácido indol-3-butírico (AIB) usados influyeron en el enraizamiento (cuadro 6). En la mayoría de las especies el uso de la auxina sintética AIB demostró su efectividad frente a otras auxinas como ácido indol acético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA) (Acosta, 2006). Del mismo modo (Ramos, 2000, Villacis, 2003, Vidal, 2010 y Boschini y Rodríguez, 2002), determinaron que aplicando AIB se optimizó notablemente el porcentaje de enraizamiento en estacas de morera (*Morus spp*), obteniendo de un 70 a 100% frente a 30 % de enraizamiento en las estacas que no fueron tratadas con AIB (testigo).

**Cuadro 6.** Promedio de porcentaje de enraizamiento de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*)

Tratamientos	PROMEDIO
T0	31.08 c
T1	74.40 b
T2	85.60 a
T3	81.80 ab
T4	83.00 a
CV%	5.76 %

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la prueba Tukey al 95 % de probabilidad

En la figura 3, se confirma la diferencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el porcentaje de enraizamiento debido a la dosis AIB, donde la dosis hormonal de T2 con  $4000 \text{ mg kg}^{-1}$  de AIB tuvo la máxima influencia en el enraizamiento de estacas de morera (85.60 %), seguido de T4 con  $8000 \text{ mg kg}^{-1}$  de AIB (83 %) y T3 con  $6000 \text{ mg kg}^{-1}$  de AIB (81.8 %) quienes se diferenciaron del T1 con  $2000 \text{ mg kg}^{-1}$  de AIB que aportaron 74.4% y finalmente el T0, cuya influencia fue mínima (31.8%). La influencia favorable en el enraizamiento, debido a las dosis altas de AIB, fue corroborado por Acosta (2006), quien al realizar propagación vegetativa en Fernansanchez en aplicación de cuatro concentraciones con la aplicación de ácido naftalenacético (ANA) y ácido Indolbutírico) (AIB) (0, 500, 750 y 1000 ppm), encontrando después de 67 días, un porcentaje de enraizamiento de 100% para estacas tratadas con la máxima dosis 10000 ppm de AIB, en comparación con sólo el 10% con dosis testigo (0 ppm). Esto también es confirmado por Villacis, (2003), que al trabajar con estacas de moral fino y aplicación de dosis de ANA y AIB (0, 1000, 1500, y 2000 ppm), en sustratos de arena gruesa, el mayor porcentaje de enraizamiento con dosis de 1500y 2000 ppm (70 y 100 %respectivamente); y finalmente un30 % de enraizamiento con la dosis 0 ppm. Del mismo modo para Ramos 2000 se obtuvo un porcentaje de 92.5 % de enraizamiento al usar la dosis más alta (10000 ppm) de AIB.

El ácido indol-3-butírico (AIB) se ha utilizado para el enraizamiento de estacas procedentes de una gran cantidad de especies arbóreas (Ramos, 2000, Villacis, 2003, Vidal, 2010 y Boschini y Rodríguez, 2002). Por lo tanto, no se descarta que una dosis superior a 8000 ppm en morera hubiera tenido una respuesta.

Una hipótesis alternativa es el uso de Ácido Indol-3-Butírico influirá de manera favorable en el enraizamiento en esqueje de morera (*Morus spp*) por lo tanto se acepta ya que las auxinas aplicadas en esta investigación en estacas de morera se obtuvo un porcentaje alto de enraizamiento, por lo cual podemos afirmar que la dosis aplicada a las estacas no influyo en el porcentaje de enraizamiento.

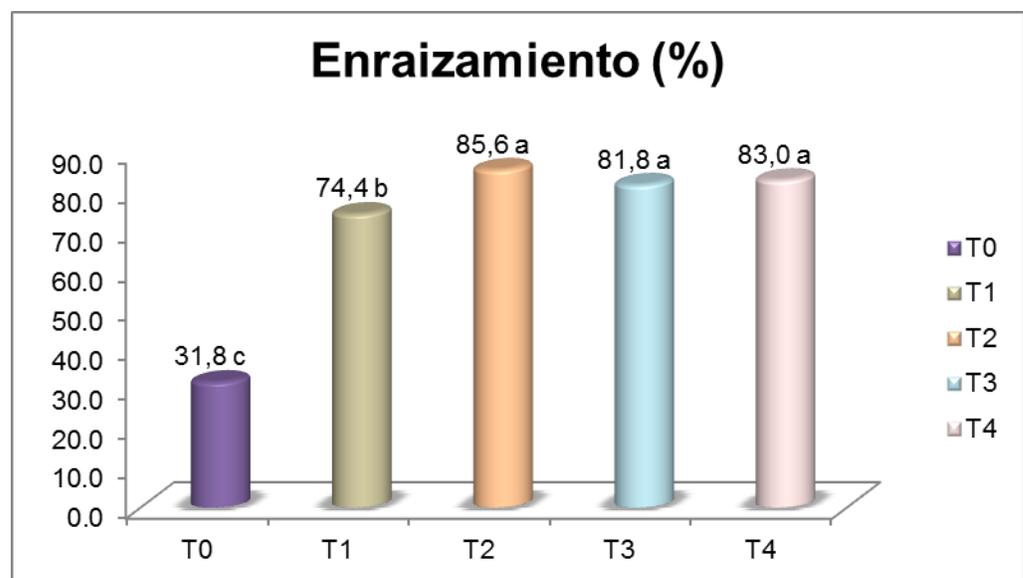


Figura 3. Promedio de porcentaje de enraizamiento de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*)

#### 4.1.4 Porcentaje de mortalidad.

Tras el análisis de varianza se determinó la existencia de diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el porcentaje de mortalidad debido a las dosis de AIB.

En cuanto a la prueba de comparación de medias (Tukey) realizada, el porcentaje de mortalidad que se muestra en el cuadro 7 y figura 4 es destacable ya que en general todas las concentraciones utilizadas de AIB ayudan a mantener vivas una alta población de estacas, pero la dosis T2 con 4000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB obtuvo significativamente el valor menor de mortalidad de 14.40%, frente a las otras dosis, T3 con 6000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB y T4 con 8000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB con mortalidad similar (18.20 y 17% respectivamente). No así para el T1 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB que fue de 25.60% que se diferencio de los tratamientos mencionados y también del testigo que fue del 66.20% (Hartmann y Kester, 1983).

La sobrevivencia de las estacas de morera se debió principalmente a la característica de la especie y del medio de enraizamiento ya que la pérdida de suministro de agua de las estacas es lenta evitando el estrés fisiológico y por ende el marchitamiento; posiblemente a que se mantuvo una adecuada retención de la humedad al interior de la cámara y buena aireación en el sustrato lo que favoreció la sobrevivencia general de la especie (Hartmann y Kester, 1983).

En una atmósfera de suelo saturado, particularmente cuando carece de oxígeno, permite las pudriciones y muerte del material vegetativo y por el contrario un riego deficiente permite la marchitez de las hojas por pérdida de agua. Según (Núñez 1997). Esto confirma lo investigado por Acosta (2006), Villacis (2003) quienes mencionan que estudios realizados en *fernansanchez* y *moral* fino individualmente tuvieron igual porcentaje en estas especies.

Por lo tanto es también corroborado por Hartmann y Kester (1983), en que la auxina aplicada a las estacas como reguladores de crecimiento aumentan el porcentaje de enraizamiento, reducen el tiempo de iniciación de raíces y mejoran la calidad del sistema radical formado y por ende reduce el porcentaje de mortalidad. Por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa que el uso de Ácido Indol-3-Butírico aumentará la magnitud y calidad de producción de raíces adventicias en estacas de morera (*Morus spp*).

**Cuadro 7.** Promedio de porcentaje de mortalidad de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*)

Tratamientos	Promedio
T0	66.20 a
T1	25.60 b
T2	14.40 c
T3	18.20 c
T4	17.00 c
CV%	11.24 %

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la prueba Tukey al 95 % de probabilidad

En la figura 4 se presenta que en esta investigación existió mortandad significativa, donde el tratamiento que no se le aplicó hormona tuvo una mortalidad de 66.20% el exceso de humedad, la cual habría dificultado la difusión de oxígeno produciendo la muerte del tejido de la estaca desde la base.

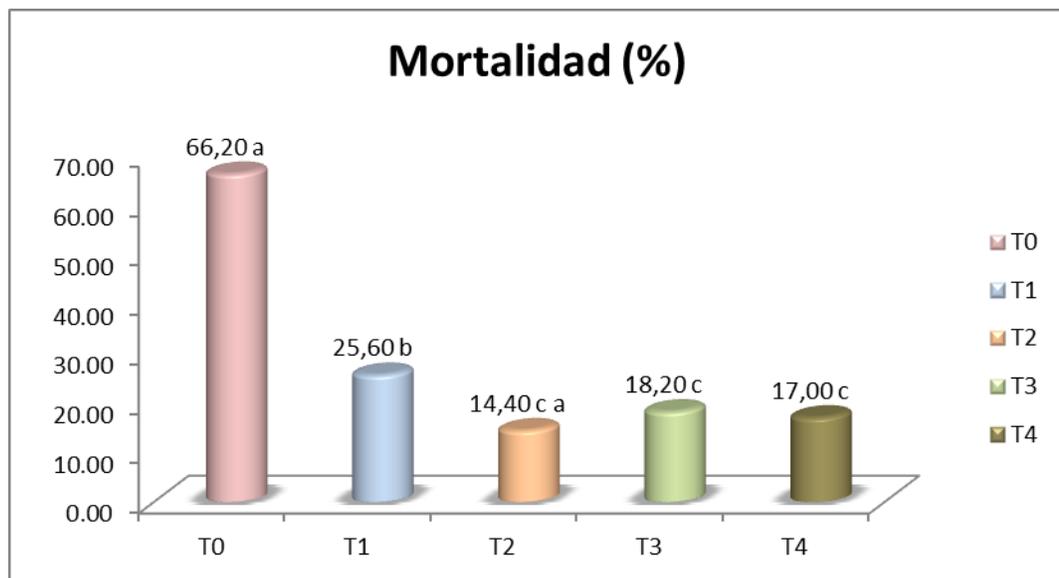


Figura 4. Promedio de porcentaje de mortalidad de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*)

#### 4.1.5. Masa radicular en (g)

En el cuadro 8 se muestran los promedios de masa radicular (gr) en estacas de morera (*Morus spp*), se observaron diferencias significativas entre el tratamiento testigo sin hormona frente a los tratamientos T2 con 4000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó 5.50 gr de masa radicular seguido del T1 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB obtuvo un promedio de 4.72 gr masa radicular, T4 con 8000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó el 4.81 gr masa radicular, T3 con 6000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó el 4.54 gr de masa radicular.

El análisis de varianza para la masa radicular de estacas de morera (*Morus spp*) indica que el factor dosis de hormona AIB presenta influencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ), es decir, que los niveles de dosis de ácido indol-3-butírico (AIB) usados influyeron en la masa radicular (cuadro 8). En la mayoría de las especies el uso de la auxina sintética AIB demostró su efectividad frente a otras auxinas como ácido indol acético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA) (Acosta, 2006). Del mismo modo (Ramos, 2000, Villacis, 2003, Vidal, 2010 y Boschini y Rodríguez, 2002), determinaron que aplicando AIB se optimizó notablemente la masa radicular.

**Cuadro 8** Promedio de masa radicular (g) de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*)."

Tratamientos	Promedio
T0	2.66 b
T1	4.72 a
T2	5.50 a
T3	4.54 a
T4	4.81 a
CV%	13.98 g

Promedio con las mismas letras son estadísticamente iguales según la prueba de TUKEY ( $p \geq 0.05$ ).

En la figura 4 se confirma la diferencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ) en la masa radicular debido a la dosis AIB, donde la dosis hormonal se presentan los promedios del porcentaje de números de raíces, encontrándose diferencia

estadística en todo los tratamiento, donde los tratamientos T2 con 4000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó 5.50 gr de masa radicular seguido del T4 con 8000 mg kg<sup>-1</sup> AIB obtuvo el 4.81 gr masa radicular, T3 con 6000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó 4.54 gr masa radicular, T1 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB alcanzó 4.72 gr masa radicular y por último T0 (sin hormonas) quien registro un promedio de 2.66 gr de masa radicular.

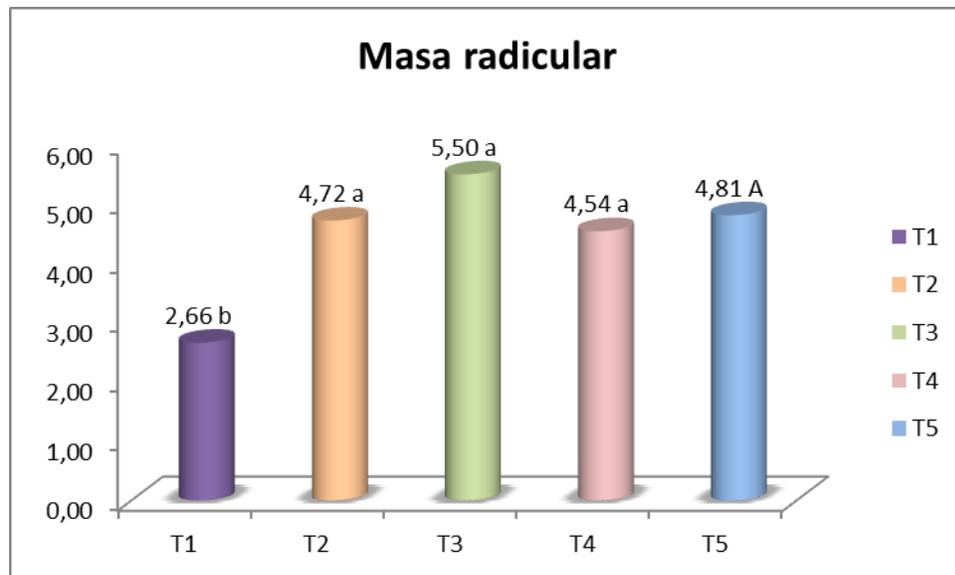


Figura 4. Promedio de masa radicular (g) de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp.*).

La capacidad de las auxinas para promover la masa radicular en estacas es bien conocida, y se ha atribuido a una mejora en el transporte de carbohidratos a la base del corte (Hartmann *et al.*, 1990). Este mismo autor afirma que uno de los efectos directos de la hormona enraizadora AIB, es el incremento de la actividad y aumento del tejido parenquimático de mayor actividad metabólica en las estacas. Los beneficios del uso de hormonas AIB son conocidos, no solo por ayudar a mejorar la calidad del sistema radical si no que aumentan la masa radicular (Hartman y Kester, 1977).

#### 4.1.6. Evaluación Económica

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de beneficio costo de los diferentes tratamientos empleados la hormona AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*).” El tratamiento testigo, obtuvo un costo de rentabilidad negativo de (-53.64) debido a que 66.20 % de las estacas se murieron. El mejor tratamiento fue para T2 (4000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) con una rentabilidad de USD 13.75.

Con respecto a la relación beneficio/costo el mejor tratamiento fue T2 (4000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB), por lo que por cada dólar que se invierta se recupera la inversión más \$ 0.14

**Cuadro 9.** Análisis económico de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp.*)”

RUBROS	TRATAMIENTOS mg kg-1 de AIB				
	TO 0	T1 2000	T2 4000	T3 6000	T4 8000
	USD	USD	USD	USD	USD
Hormona ANA		0.110	0.220	0.330	0.440
Hormona AIB		0.110	0.220	0.330	0.440
Alcohol		0,012	0,012	0,012	0,012
Material vegetal	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Fungicida Vitavax	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
Arena	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Pala	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Machete	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Manguera de agua	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Zarán	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570
Tijera de podar	0.046	0,046	0,046	0,046	0,046
Plástico transparente	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490
Guantes	0,02	0,024	0,024	0,024	0,024
Jornales	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Movilización	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>14.67</b>	<b>14.90</b>	<b>15.12</b>	<b>15.34</b>	<b>15.56</b>
Plantas Vivas	17	37	43	41	42
Valor unitario por planta	0.86	0.40	0.35	0.37	0.37
Valor unitario por planta en el mercado	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Total de ingresos	6.8	14.8	17.20	16.40	16.80
Beneficio Neto	-7.87	-0.1	2.08	1.06	1.24
Relación beneficio costo	- 0.46	- 0.006	0.14	0.07	0.07
Rentabilidad	-53.64	- 067	13.75	6.91	7.96

## **CAPÍTULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que:

- ✓ La dosis de Ácido indolbutírico (AIB) de 4000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB fue el mejor en número de raíces 15.80; longitud de raíces 15.26 cm; masa radicular 5.50 gr; el porcentaje de enraizamiento de 85.6 % y porcentaje de mortalidad de 14.40 % superando al testigo y al resto de tratamientos.
- ✓ Fue necesaria la utilización de sombra de sarán, así como la instalación de un túnel de plástico transparente debajo del sarán para reducir la actividad fotosintética y en consecuencia, las temperaturas aéreas, a fin de mantener la humedad relativa interna y de esta forma lograr un 85.6% de enraizamiento a excepción del testigo que fue de 31.8%
- ✓ La morera (*Morus spp*) requiere de reguladores de crecimiento para inducir formación de raíces, sin embargo, las concentraciones de AIB usadas en este estudio permitieron esclarecer la dosis más adecuada.
- ✓ El tratamiento que obtuvo la mejor rentabilidad fue el T2 ( 4000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) .con 13.75 % de rentabilidad.
- ✓ La mejor concentración de ácido indolbutirico AIB fue la de 4000 mg Kg<sup>-1</sup>

### 5.1.2. . Recomendaciones

- ✓ Para la propagación de esta especie se recomienda el uso de arena como sustrato, por lo que facilita el drenaje, ya que el exceso de agua alrededor de la base de las estacas obstruyen el paso de oxígeno para el desarrollo de las raíces iniciales.
  
- ✓ Continuar con estudios de multiplicación con estas especies utilizando las hormonas y dosis estudiadas probando otros métodos de propagación asexual de morera.
  
- ✓ Emplear la metodología de esta propuesta para la propagación de estacas con hormonas con la concentración:  $4000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB, que fue el mejor de los resultados que se dio en este trabajo investigativo.
  
- ✓ La información obtenida en esta investigación presentan resultados que pueden servir de base para desarrollar investigaciones futuras en la propagación vegetativa de otras especies.

## **CAPÍTULO VI.**

### **BIBLIOGRAFIA**

## 6.1. Bibliografía consultada

- Almeida, J.E. y Fonseca, Tamara.** 2002. Mulberry germplasm and cultivation in Brazil. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. p. 73-95
- Acosta, M.** 2006. Propagación Vegetativa de *Triplaris guayaquilensis* (Fernansánchez) Mediante la Utilización de Hormonas de Enraizamiento (ANA Y AIB). Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniería Forestal., Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 54p.
- Awad, G.,** 1993. Propagación vegetativa de seis vegetales nativos con posibilidades ornamentales. Tesis Ingeniero Agrónomo, Valdivia, Universidad Austral de Chile. Fac. De Agr. 63 p.
- Benavides, J. E.** 1999. Utilización de la morera en sistemas de producción animal. [En línea]. [www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/agrofor1.com](http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/agrofor1.com). Consultado el 20 de agosto de 2012.
- Benavides, J.E.** 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Resúmenes I Taller Internacional “Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera”. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 12
- Benavides, J.E.** 1996. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*. 2 (7):27-30
- Benavides, J.E.** 2000. La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. *Pastos y Forrajes*. 23 (1):1-14
- Bermeo, C. Y Rivera, J.** 2006 UTEQ Tesis “Propagación de Noni (*Morinda Citrifolia*) por medio de acodo aéreo con el uso de hormonas ANA y AIB” pp 38 – 47
- Boschini, C. y Rodríguez, Ana María.** 2002. Inducción del crecimiento en estacas de morera (*Morus alba*) con ácido indol butírico (AIB). *Agronomía Mesoamericana*. 13(1): 19

- Botti.** 1999. Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. Pp 72 - 82. En: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 161 p.
- Cabello, A.** 1990. Enraizamiento de estacas de Alerce (*Fitzroya cupressoides* (Mol.) Jhonston) y de mañío macho (*Podocarpus nubigena* lind.). Ciencias Forestales, 6 (2): 135- 139.
- Cappellozza, L. 2002.** Mulberry germplasm resources in Italy. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 23
- Castro, A.** 2005. La morera, la reina de las forrajeras. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
- Cifuentes, C.A. y Kee-Wook, S.** 1998. Manual técnico de sericultura: Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Convenio SENA-CDTS. Colombia. 438 p.
- Cuculiza, P.** 1956. Propagación de plantas. Talleres Gráficos Villanueva. Lima. Perú. 280 p.
- Datta, R.K.** 2002. Mulberry cultivation and utilization in India. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. p. 45-62
- García, F.** 2004. Evaluación agronómica de la morera (*Morus alba* cv. Cubana) en suelo Ferralítico Rojo típico. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 70 p.
- Gutiérrez, B.** 1995. Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. Santiago, Chile. Ciencia e Investigación Forestal. 9 (2): 261 – 277.
- Hartmann, T y Kester, D.** 1977. Propagación de plantas: principios y prácticas. Continental, México. 727 p.
- Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davis, F. T.** 1990. Plant propagation: principles and practices. Fifth edition. Prentice Hall Career and Technology. 647 p.
- Heede, A. y Lecourt, M.** 1981. El estaquillado: guía práctica de multiplicación de las plantas Ediciones Mundi- prensa, Madrid.197 p.

- Ho-Zoom, L. y Won-Chu, L.** 2001. Utilization of mulberry leaf as animal feed: feasibility in Korea. In: Mulberry for animal feeding in China (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. & Xingmeng, L.), Hangzhou, China. 75 p.
- Jiménez, Maribel; Aguirre, J.; Ibrahim, M. y Pezo, D.** 1998. Efecto de la suplementación con morera (*Morus alba*) en la ganadería de peso postdestete de terneras de lechería. *Agroforestería en las Américas*. 5 (17):24-28
- Kitahara, N.** 2001. Mulberry-pasture association system in Japan. In: Mulberry for animal feeding in China. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. & Xingmeng, L.). Hangzhou, China. p. 27-28
- Kitahara, N. y Kawano, M.** 2002. Use mulberry for animal feed. *Farming Japan*. 36:6
- Martínez, P.** (ED), W. 1993. La Morera: variedades, multiplicación, cultivo, cosecha, industrialización. Buenos Aires, Atlántida. 155 p.
- Mesen, F.** 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de subirrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- Núñez, Y.** 1997. Propagación vegetativa del cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); pilón (*Hyeronima alchorneoides*, Allemo) y surá (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavon) mediante el enraizamiento de estacas juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 172 p.
- Oviedo, F.J.** 1995. Morera (*Morus spp.*) en asocio con poró (*Erythrina poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 86 p.
- Ramos, L.** 2000. Algunos avances en la morfogénesis de la teca. (*Tectona granáis*) Tesis para obtener la Maestría en Ciencias. Universidad Ciego de Ávila. Ciego de Ávila. Cuba. 55p
- Salice, G.** ed. 2004. Boletín Andino de la Seda. 1 (2): 1-5.
- Sánchez, M.** 1999. Morera: un forraje excepcional disponible mundialmente. [En línea]. [www.fao.org/waicent/search/default.asp](http://www.fao.org/waicent/search/default.asp). Consultado el 10 de enero de 2003.

- Sanchez, M. 2000.** Mulberry for Animal Production: Mulberry: an exceptional forage available almost worldwide. (En línea). Roma, Ita. Consultado 19 agosto. 2012. Disponible en <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/Mulberry/Papers/HTML/Mulbwar2.htm>.
- Sánchez, M.D.** 2001. Mulberry as animal feed in the world. In: Mulberry for animal feeding in China. (Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. & Xingmeng, L., Eds.). Hangzhou, China.p. 1-7
- Sánchez, M.D.** 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 1
- Sibuya-Ku, Hiroo.** 1975. Textbook of tropical Sericulture. Overseas Cooperation Volunteers. Tokyo, Japan. p. 281
- Soria, S.; Salice, G.; Avendaño, F.** 2001. Guía Práctica de Sericultura. Roma, Italia. Instituto Latinoamericano. sp.
- Strasburguer, E.** 1994. Tratado de botánica. Omega, Barcelona. 1.068 p
- Ting-Zing, Z.; Yun-Fan, T.; Guang-Xien, H.; Huaizhong, F; Ben, MA.** 1988. Mulberry cultivation. Rome, Italia. FAO Agricultural Services Bulletin 73/1. 127 p.
- Vidal, D.** 2010. Evaluación de cinco dosis del ácido indolbutírico, sustratos y características morfológicas en el enraizamiento de estacas juveniles de simarouba amara aubl. (*marupa*), Pucallpa - Perú. Tesis Ing. For. Pucalipa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali.177 p.
- Villacís, O. 2003.** Propagación vegetativa de Mora Fino (*Chlorophora tintoria*) con el uso de hormonas de Enraizamiento. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniería Forestal., Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 50-65 pp
- Weaver, R.** 1976. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Trillas. México. 622 p.
- Xiangrui, Z. Y Hongsheng, L.** 2001. Composition and medical value of mulberry

leaves. In: Mulberry for animal feeding in China (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. y Xingmeng, L.), Hangzhou, China. 75 p.

**Zheng, T.Z.** et al.1988. Mulberry cultivation. FAO Agricultural Services Bulletin. Roma, It. 127 p.

**Zepeda, J.** 1991. El árbol de oro. Los mil usos de la morera. Medio Ambiente. 47:28-29

## **CAPÍTULO VII.**

### **ANEXOS**

Anexo 1. Resumen de todas las variables efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) en el cantón El Empalme

	Número de raíces	Longitud de raíz	Masa radicular	Mortalidad	Enraizamiento
T0	5.68	3.78	2.66	66.20	31.8
T1	13.68	8.02	4.72	25.60	74.4
T2	15.80	15.26	5.50	14.40	85.6
T3	13.76	11.74	4.54	18.20	81.8
T4	15.20	14.56	4.81	17.00	83.0
CV%	15.71	15.27	16.28	18.04	11.07

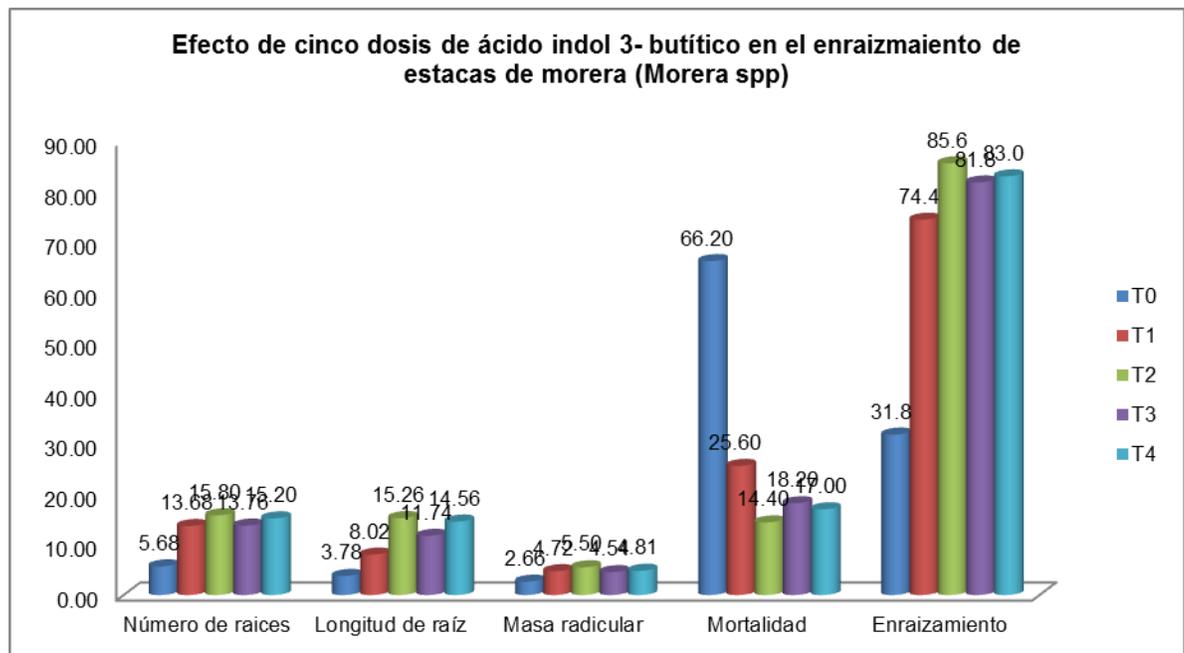


Figura A1. Resumen de todas las variables en efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) en el cantón El Empalme

Cuadro A1. Análisis de la variación de número de raíces del efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) en el cantón El Empalme

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>	<b>F. Tabla</b>
Tratamiento	4	335.74	50.49	0.00	0.329
Error	20	33.25			
<b>Total</b>	24	368.99			
<b>CV</b>	<b>10.05 %</b>				

Cuadro A2. Análisis de la variación de longitud de raíces del efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) en el cantón El Empalme

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>	<b>F. Tabla</b>
Tratamiento	4	459.19	60.28	0.00	0.086
Error	20	38.09			
<b>Total</b>	19	497.29			
<b>CV</b>	<b>12.93 %</b>				

Cuadro A3. Análisis de la variación de la masa radicular del efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) en el cantón El Empalme

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>	<b>F. Tabla</b>
Tratamiento	4	22.70	16.51	0.00	0.158
Error	20	6.88			
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>29.58</b>			
<b>CV</b>	<b>13.18 %</b>				

Cuadro A4. Análisis de la variación del porcentaje de mortalidad del efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) en el cantón El Empalme

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>	<b>F. Tabla</b>
Tratamiento	4	9333.04	231.02	0.00	0.002
Error	20	202.00			
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>9535.04</b>			
<b>CV</b>	<b>11.24 %</b>				

Cuadro A5. Análisis de la variación del porcentaje de enraizamiento del efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus spp*) en el cantón El Empalme.

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>	<b>F. Tabla</b>
Tratamiento	4	10107.44	149.52	0.000	0.000
Error	20	338.00			
<b>Total</b>	24	10445.44			
<b>CV</b>	<b>5.76 %</b>				

## Fotos



Figura 1. Pesado de la hormona AIB.



Figura 2. Pesado del talco.



Figura 3. Disolución de las hormonas con hidróxido de sodio.



Figura 4. Mezclado de la hormona disuelta con el talco.



Figura 5. Preparación del material sumergida para su desinfección



Figura 6. Establecimiento del experimento.



Figura 7. Cobertura plástica para formar la cámara húmeda, los explantes permanecieron 45 días bajo este túnel



Figura 8. Experimento a los 15 días.



Figura 9. Evaluación del experimento



Figura 10. Determinación del porcentaje de mortalidad



Figura 11. Detrminación del porcentaje de enraizamiento.



Figura 12. Determinación del porcentaje de enraizamiento del T1



Figura 13. Raíces en ramillas de morera testigo



Figura 14. Raíces en morera T1



Figura 15. Raíces y brotes en ramillas de morera con T2 morera 4000 AIB



Figura 16 Determinación de la longitud de Raíces



Figura 17. Determinación de la masa radicular en todos los tratamientos