



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERÍSTICAS INICIALES DE ESTACAS DE MORERA
(*Morus alba* L.) AL VARIAR EL MANEJO EN LA
PLANTACIÓN

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

PRESENTA:

GUSTAVO TORRES ROBLERO

Bajo la supervisión de:

Ph.D. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ



Diciembre 2009

Chapingo, Estado de México

CARACTERÍSTICAS INICIALES DE ESTACAS DE MORERA (*Morus alba* L.)
AL VARIAR EL MANEJO EN LA PLANTACIÓN

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

DICATORIAS

Tesis realizada por Gustavo Torres Roblero, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

RESUMEN GENERAL

GENERAL ABSTRACT

1 INTRODUCCIÓN

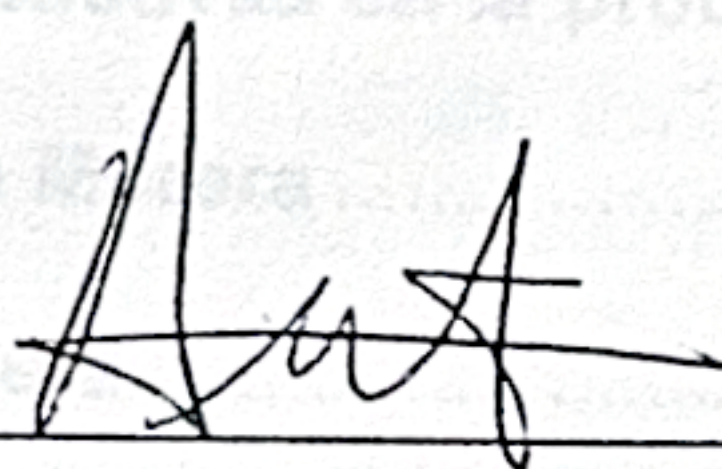
2 REVISIÓN DE LITERATURA

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

2.1 Incorporación de arbustivos en la producción de forrajes

2.2 Características de la Morera

DIRECTOR:



Ph.D. Pedro Arturo Martínez Hernández

2.3 Conclusiones de la revisión

2.4 Literatura citada

ASESOR:



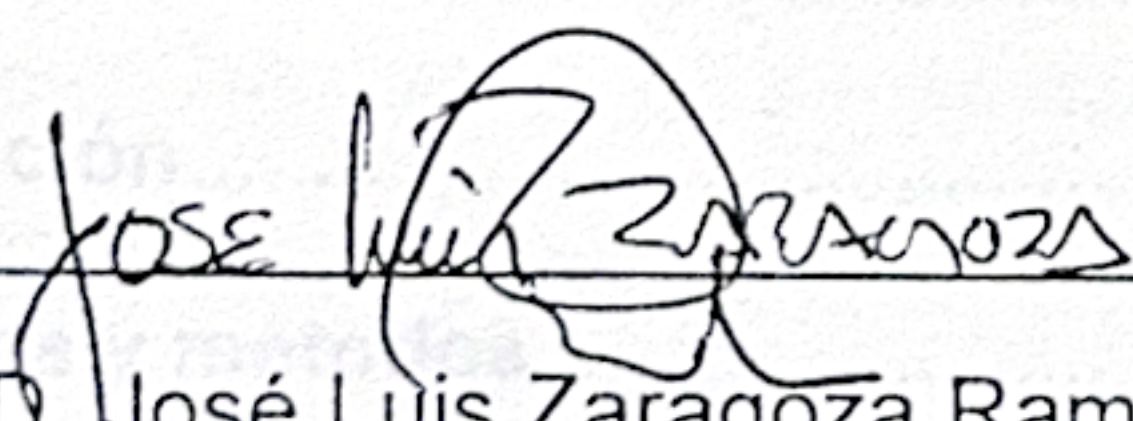
Ph.D. Maximino Huerta Bravo

3.1 Resumen

3.2 Abstract

3.3 Introducción

ASESOR:



Ph.D. José Luis Zaragoza Ramírez

3.4 Metodología

3.4.1 Localización

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
DEDICATORIAS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xi
RESUMEN GENERAL	xii
GENERAL ABSTRACT	xiii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Incorporación de arbustivas en la producción de forrajes	3
2.2 Características de la Morera.....	5
2.3 Propagación de Morera.....	8
2.4 Factores que intervienen en el enraizamiento de estacas	11
2.5 Conclusiones de la revisión	14
2.6 Literatura citada.....	15
3 CARACTERÍSTICAS INICIALES DE ESTACAS DE MORERA (<i>Morus alba</i> L.) AL VARIAR EL MANEJO EN LA PLANTACIÓN.....	19
3.1 Resumen	19
3.2 Abstract.....	20
3.3 Introducción.....	21
3.4 Materiales y métodos	21
3.4.1 Localización	21
3.4.2 Tratamientos	22
3.4.3 Origen, obtención y manejo de estacas	22
3.4.4 Preparación del suelo y macetas	22

3.4.5 Aplicación de tratamientos y plantación de estacas	23
3.4.6 Variables medidas y calculadas	25
3.4.7 Manejo y análisis estadísticos de los datos	27
3.5 Resultados y discusión	28
3.5.1 Prendimiento	28
3.5.2 Longitud y rendimiento de raíces	33
3.5.3 Número y rendimiento de hojas	37
3.5.4 Número y rendimiento de tallos	42
3.5.5 Supervivencia	44
3.6 Conclusiones	46
3.7 Literatura citada	46
4 CARACTERÍSTICAS INICIALES DE ESTACAS DE MORERA (<i>Morus alba</i> L.) AL VARIAR LA POSICIÓN DE PLANTACIÓN	48
4.1 Resumen	48
4.2 Abstract	49
4.3 Introducción	50
4.4 Materiales y métodos	50
4.4.1 Localización	50
4.4.2 Tratamientos	50
4.4.3 Origen, obtención y manejo de estacas	51
4.4.4 Preparación del suelo y macetas	51
4.4.5 Plantación de estacas	52
4.4.6 Variables medidas y calculadas	52
4.5 Resultados y discusión	55
4.5.1 Prendimiento	55
4.5.2 Rendimiento de raíces	55

4.5.3 Número y rendimiento de hojas	56
4.5.4 Número y rendimiento de tallos	58
4.5.5 Supervivencia	60
4.6 Conclusiones	61
4.7 Literatura citada.....	61

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de materia seca, proteína cruda y digestibilidad ¹ del follaje de Morera y otros alimentos.....	4
Cuadro 2. Proteína cruda y digestibilidad <i>in vitro</i> de materia seca del follaje de Morera.....	6
Cuadro 3. Contenido de materia seca, proteína cruda y digestibilidad <i>in vitro</i> de ensilajes de especies leñosas.....	7
Cuadro 4. Significancia de las fuentes de variación en el porcentaje de prendimiento de estacas de Morera.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Categorías de las estacas evaluadas por el tamaño de su diámetro, de izquierda a derecha: delgadas (1.5), medianas (2.5) y gruesas (3.5 cm).	23
Figura 2. Proceso de descortezado de las estacas seleccionadas para representar el efecto de este tratamiento.	24
Figura 3. Prendimiento de estaca de Morera a través del tiempo con y sin descortezado y aplicación de enraizador, promedio de tres diámetros de estaca.	29
Figura 4. Prendimiento de estacas de Morera con y sin descortezado, promedio de tres diámetros y con y sin enraizador.	30
Figura 5. Prendimiento acumulado de estacas de Morera con diferente diámetro a través del tiempo.	31
Figura 6. Prendimiento acumulado de estacas de Morera con diferente tratamiento a la plantación.	32
Figura 7. Longitud de raíces en estacas de Morera con diferente diámetro y días de plantación.	33
Figura 8. Rendimiento de raíces de Morera con diferente diámetro de estaca y días de plantación.	34
Figura 9. Longitud de raíces en estacas de Morera con y sin descortezado a diferente día de plantación.	35
Figura 10. Rendimiento de raíces de Morera con y sin descortezado de la estaca a diferente día de plantación.	36
Figura 11. Rendimiento de raíces de Morera con y sin aplicación de enraizador a diferente día de plantación.	37
Figura 12. Número de hojas en estacas de Morera con diferente diámetro y días de plantación.	38
Figura 13. Rendimiento de hojas de Morera con diferente diámetro de estaca y días de plantación.	39
Figura 14. Número de hojas en estacas de Morera con y sin descortezado a diferente día de plantación.	41
Figura 15. Rendimiento de hojas de Morera en estacas con y sin descortezado a diferente día de plantación.	41
Figura 16. Número de tallos en estacas de Morera con diferente diámetro y días de plantación.	42
Figura 17. Número de tallos de Morera con y sin descortezado de estaca a diferente día de plantación.	43

Figura 18. Rendimiento de tallos de Morera con y sin descortezado de estaca a diferente día de plantación.	44
Figura 19. Supervivencia de estacas de Morera con diferentes diámetros.....	45
Figura 20. Supervivencia de estacas de Morera con y sin descortezado.	45
Figura 21. Prendimiento en estacas de Morera plantadas horizontal y verticalmente a diferente día después de la plantación.....	55
Figura 22. Rendimiento de raíces en estacas de Morera plantadas en forma horizontal y en forma vertical a diferente día después de la plantación.	56
Figura 23. Número de hojas en plantas de Morera originadas de estacas plantadas en forma horizontal y vertical a diferente día después de la plantación.....	57
Figura 24. Rendimiento de hojas en plantas de Morera originadas de estacas plantadas en posición horizontal y posición vertical a diferente día después de la plantación.	58
Figura 25. Número de tallos en estacas de Morera originadas de estacas plantadas en posición horizontal y posición vertical a diferente día después de la plantación.....	59
Figura 26. Rendimiento de tallos en estacas de Morera plantadas horizontal y verticalmente a diferente día después de la plantación.	60
Figura 27. Supervivencia de estacas de Morera plantadas horizontal y verticalmente a 120 días después de la plantación.....	60

DEDICATORIAS

Con mucho cariño para mi campeón, Gustavito, gran regalo de Dios.

A mi esposa Paola

A mis papás Abundio y Difloria

A mis hermanas y cuñados

A mis sobrinitos: Melisita, Miguelito, Marcelita y Alfredivito.

A mis Suegros, familia Carrillo Suet, Morelos Domínguez y Morelos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Producción Animal, por la oportunidad que me brindaron de aprovechar los conocimientos y la enseñanza tanto en lo técnico como en lo humano para continuar en la vida con una actitud positiva y enfrentar los retos del día a día.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de Maestría en Ciencias, el cual fue indispensable para terminar con éxito esta etapa de mi vida.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento para terminar satisfactoriamente la escritura de este documento, así como el proceso de estudios de maestría.

Al Ph.D. Pedro Arturo Martínez Hernández, por su amistad, confianza, por sus consejos, sugerencias y por la disposición y apoyo en todo momento para la realización de esta investigación.

Al Ph.D. Maximino Huerta Bravo, por las importantes aportaciones, sugerencias y disposición para la mejora de este trabajo y por la enseñanza brindada durante mi estancia en el posgrado.

Al Ph.D. Jose Luis Zaragoza Ramírez, por su valiosa contribución, sugerencias y disposición para realización de este trabajo.

A los Doctores Rafael Núñez Domínguez, Rodolfo Ramírez Valverde, Gilberto Aranda Osorio y Rufino López Ordaz, por todas las buenas enseñanzas.

A todos los compañeros y amigos de la generación 2007-2008, por los buenos momentos de trabajo intenso y de buenos momentos compartidos.

DATOS BIOGRÁFICOS

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Gustavo Torres Roblero.

FECHA DE NACIMIENTO: 13 de enero de 1982.

LUGAR DE NACIMIENTO: Ángel Albino Corzo, Chiapas.

NO. DE CARTILLA MILITAR: C-6451573.

CURP: TORG820113HCSRBS06.

PROFESIÓN: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia.

CÉDULA PROFESIONAL: 4717834.



DESARROLLO ACADÉMICO

1996-1999. Preparatoria del Estado N° 1 turno vespertino, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

1999-2004. Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

2007-2008. Maestría en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN GENERAL

CARACTERÍSTICAS INICIALES DE ESTACAS DE MORERA (*Morus alba* L.) AL VARIAR EL MANEJO EN LA PLANTACIÓN

Se realizaron dos experimentos en invernadero con el objetivo de evaluar el prendimiento y crecimiento inicial de estacas de Morera. En uno se evaluaron 12 tratamientos en arreglo factorial $3 \times 2 \times 2$: tres diámetros de estaca (1.5, 2.5 y 3.5 cm), con o sin descortezado y con o sin enraizador. En el otro se evaluó la plantación horizontal y vertical de la estaca. En ambos, el diseño fue completamente al azar con cinco repeticiones, cada repetición constó de cinco y diez estacas plantadas individualmente en contenedores con 2.5 kg de suelo. Se determinó prendimiento en las primeras nueve semanas, longitud de raíces, número de hojas y tallos, y peso de estos componentes a 60, 90 y 120 días de la plantación. Se realizó análisis de varianza para cada momento de medición. El prendimiento solamente mejoró ($p < 0.05$) con el descortezado y plantar estacas de 3.5 cm de diámetro. Además del prendimiento, descortezar incrementó ($p < 0.05$) hasta en dos veces más con respecto de las estacas sin descortezar los atributos medidos en raíz, hojas y tallos. Estos mismos atributos mejoraron gradualmente ($p < 0.05$) conforme el diámetro de la estaca fue mayor. El enraizador sólo mejoró ($p < 0.05$) peso de raíz a 60 d de la plantación. La plantación horizontal de la estaca incrementó ($p < 0.05$) prendimiento y todos los atributos medidos en raíz, hoja y tallo en comparación a la plantación vertical. La conclusión general es que el prendimiento como el desarrollo inicial de las estacas de Morera dependen del descortezado, diámetro de la estaca y forma de plantación.

Palabras clave: propagación vegetativa, diámetro de estaca, descortezar, enraizador, posición de plantación.

GENERAL ABSTRACT

INITIAL CHARACTERISTICS OF MULEBERRY (*Morus alba* L.) STEM CUTTINGS WITH DIFFERENT MANAGEMENT AT THE TIME OF PLANTING

Two studies were carried out in a greenhouse with the objective to determine sprouting and initial growth of stem cuttings of Mulberry. In one study, 12 treatments in a 3×2X2 factorial arrangement were evaluated. Three stem cutting diameters (1.5, 2.5 and 3.5 cm), with or without stem peeling, and with or without rooting promoter. The other study dealt with the evaluation of lay-down and up-right placing of stem cuttings at the time of planting. Experimental design was completely randomized with five replications; each replication consisted of five or ten stem cuttings planted individually in containers holding 2.5 kg of soil. Variables measured were sprouting in the first nine weeks, root length and weight, number and weight of leaves and branches at 60, 90 and 120 days after plantation. Variance analysis was performed independently for each time period evaluated. Stem peeling and wider stems improved ($p<0.05$) sprouting, and all attributes measured in roots, leaves and stems, up to two times. Rooting promoter had a short time effect on improving ($p<0.05$) root weight. Lay-down planting of stem cuttings gave twice ($p<0.05$) the sprouting and higher root, leaf and stem attributes than up-right planting. General conclusion was that sprouting and initial growth of Mulberry stem cuttings are influenced by stem diameter and peeling and by the way the stem cutting is planted into the ground.

Key words: vegetative propagation, stem cutting diameter, peeling, root promoter, way of plantation.

1 INTRODUCCIÓN

El follaje de algunas especies arbóreas pueden servir como suplemento proteínico y promover el consumo de otros forrajes, reducir la infestación por nematodos intestinales y disminuir el uso de concentrados (Shelton, 2004). La Morera (*Morus alba*) es un árbol de la familia de las Moráceas, cosmopolita por su adaptación a diferentes climas y altitudes, con alta producción de biomasa foliar rica en proteína y digestibilidad, por lo que se ha recomendado como complemento alimenticio, para mejorar la productividad de sistemas de producción pecuaria, sobre todo con rumiantes en pastoreo (Benavides, 1994; García y Fernández, 2004). La incorporación de la Morera a estos sistemas pecuarios demanda opciones tecnológicas que promuevan un éxito alto en la propagación de la especie a nivel de campo.

La propagación de la Morera puede ser por semilla o por enraizamiento de estacas, siendo ésta última la más común. La estaca es una parte del tallo de una planta madre que es separada y se coloca bajo condiciones ambientales y edáficas favorables para la formación de raíces, tallos y hojas, produciendo así una nueva planta independiente (Hartmann y Kester, 1983).

El éxito del enraizamiento de estacas depende de diversos factores, entre ellos: tipo de estaca (madera suave, leñosa o semileñosa;) “origen, diámetro”, presencia de hojas y manejo previo a la siembra. La influencia de estos factores es a través de la cantidad de reservas en la estaca y el estímulo a la síntesis de auxinas. Algunas opciones para mejorar el enraizamiento de estacas son: el uso de hormonas, descortezado, longitud y diámetro de estaca, número de yemas, hojas, parte de la rama de donde proviene la estaca, observándose resultados variables.

Experiencias en campo han mostrado éxito variable en la propagación de Morera por estacas, por lo que el presente estudio se desarrolló con el objetivo de evaluar el desarrollo inicial de estacas de Morera al aplicar diferentes manejos a la plantación de las mismas.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Incorporación de arbustivas en la producción de forrajes

El silvopastoralismo, la integración de árboles y arbustos con la producción animal y se ha sugerido como una opción de producción de alto nivel sustentabilidad por su tendencia a mantener el frágil equilibrio ecológico de algunos ecosistemas especialmente de tipo tropical (Ku *et al.*, 1998). Sánchez (1998) señala que un sistema silvopastoril puede consistir en tener animales pastando entre o bajo árboles, sin que éstos provean directamente de forraje a los animales. La integración de árboles y arbustos intenta mejorar la producción de forraje a través de mejorar la fertilidad del suelo, el microclima y reducir la erosión (Devendra e Ibrahim, 2004).

El follaje de árboles y arbustos puede reducir el riesgo de sobre pastoreo al proporcionar un forraje extra y también como un complemento del estrato herbáceo por dar un follaje rico en proteína y minerales (Petit, 1993). Complementar la alimentación de rumiantes con el follaje de árboles y arbustos es una práctica realizada por productores de América Central desde hace siglos (Benavides, 1994).

Para que un árbol o arbusto pueda ser calificado como forrajero debe reunir ventajas de tipo nutricional, de rendimiento de follaje y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. En tal sentido los requisitos son: 1) contenido nutrimental, consumo y palatabilidad que promuevan un nivel alto de productividad animal; 2) tolerancia a la poda, corte y ramoneo; 3) alto rendimiento en hoja y ramitas; y 4) adaptación y facilidad de propagación (Benavides, 1991).

Benavides (1994) indica que el follaje de la mayoría de las especies leñosas muestra contenidos de proteína cruda que duplican o triplican al de las gramíneas tropicales y, en algunos casos, superan al de concentrados comerciales comúnmente utilizados en la alimentación de rumiantes. Además, señala que la observación directa de animales en las áreas de pastoreo ha permitido identificar especies leñosas con hojas apetecibles para el ganado, generalmente con un contenido de materia seca digestible *in vitro* (DIVMS) alta y de proteína cruda (PC). En particular, las hojas de Morera ha detectado hasta 2.7 y 1.5 veces más proteína y digestibilidad que el promedio de dos gramíneas tropicales de uso muy extendido, al compararse con un concentrado comercial. Las hojas de Morera tuvieron 1.3 veces más proteína y una digestibilidad solamente inferior en un 6% al concentrado comercial (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido (%) de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad² (DIVMS) del follaje de Morera y otros alimentos.

Alimento	MS	PC	DIVMS
Morera (<i>Morus alba</i>)	28.7	23.0	80.0
King-grass (<i>P. purpureum</i> x <i>P. typhoides</i>)	20.0	8.2	52.7
Pasto Estrella (<i>Cynodon Inemfluensis</i>)	22.3	8.9	54.9
Concentrado comercial	91.5	17.7	85.0

²Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Espinoza, 1996)

Los árboles y arbustos pueden superar a especies herbáceas en mayor persistencia, producción de biomasa en base seca y retención de follaje de alta calidad aun en condiciones de estrés (Polo, 2006).

En zonas tropicales, la incorporación del follaje de árboles y arbustos a la dieta de ovinos y bovinos ha promovido mayor consumo voluntario de materia seca y orgánica y consecuentemente un mejoramiento en la ganancia de peso y producción de leche, reduciendo la necesidad de recurrir a concentrados

comerciales. Además, estos árboles y arbustos pueden ser empleados como cercas vivas, sombra, microclima o leña (Ku *et al.*, 2006).

2.2 Características de la Morera

La Morera es un árbol que tradicionalmente se utiliza para apoyar la producción de seda, ya que sus hojas son el alimento principal del gusano de seda. Pertenece al orden de las Urticales, familia Moraceae y género *Morus*. Las condiciones climáticas para el cultivo de la Morera son: temperatura de 18 a 38 °C; precipitación de 600 a 2500 mm; fotoperiodo de 9 a 13 horas y humedad relativa de 65 a 80% (Ting-Zing *et al.*, 1988). Se cultiva desde el nivel del mar hasta 4000 m de altitud y se reproduce por semilla, estaca, acodo e injerto (Benavides, 1998).

Martín *et al.* (2006), a partir de varios estudios revisados, concluyeron que la Morera es un árbol forrajero muy conveniente para establecer un sistema silvopastoril ya que su follaje puede ser un excelente complemento proteínico para diferentes especies animales y para fomentar una mayor ganancia de peso o producción de leche.

Para la hoja fresca de Morera se ha registrado un intervalo de 16.1 a 23.1% de proteína cruda (Cuadro 2), valores que ubican a la hoja de Morera como un excelente complemento proteínico. Sánchez (2000) señala que en general el contenido de proteína cruda de las hojas de Morera es similar y aun superior al de las leguminosas. Jegou *et al.* (1994) agregan que además del alto contenido de proteína en las hojas de Morera, esta puede tener una digestibilidad de hasta 90%, por lo que puede tener un alto impacto positivo sobre el balance de nitrógeno, en rumen, favoreciendo así una mayor población bacteriana ruminal y consecuentemente un incremento en el consumo voluntario, cuando es parte de la dieta de los rumiantes.

La digestibilidad de la hoja de Morera muestra mayor variación que el contenido de proteína cruda. Esta puede variar hasta en 23.5 unidades porcentuales

(Cuadro 2). Sin embargo, la digestibilidad mínima registrada es del 70%, superior a muchas gramíneas tropicales; otros valores reportados (80-93%) son superiores a la digestibilidad de concentrados y granos (Espinoza, 1996; Polo, 2006).

Cuadro 2. Proteína cruda (PC, %) y digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS, %) del follaje de Morera.

PC	DIVMS	Referencia
19.2	77.2	Benavides <i>et al.</i> , 1994
23.1	93.5	Rodríguez <i>et al.</i> , 1994
	79.0	Jegou <i>et al.</i> , 1994
19.1	70.0	Rojas y Benavides, 1994
16.1	80.0	Benavides <i>et al.</i> , 2000
19.9	73.0	García <i>et al.</i> , 2006

La calidad de la hoja de Morera, medida en términos de proteína cruda y digestibilidad, puede variar según las condiciones ambientales del lugar donde crezca la planta. Espinoza (1996) reporta 15.1 y 71.5% de proteína cruda y digestibilidad respectivamente, para hojas de Morera crecidas en un ambiente de alta luminosidad y temperatura. Por ejemplo, los valores para ambos parámetros fueron de 24.8 y 74.9% respectivamente, cuando la planta de Morera creció en un ambiente de mayor nubosidad y menor temperatura ambiental.

En condición de pastoreo, y aún en corte, picado y acarreo es común la ingesta, por parte del animal, de ramitas o tallos tiernos de Morera. Primero Benavides (1994) y luego Polo (2006) hicieron una compilación de datos para tallos tiernos de Morera registrando un intervalo de 8.0 a 14.5% para proteína cruda y de 57.0 a 70.8% para digestibilidad, señalando que aun cuando la calidad es inferior al de las hojas, el tallo tierno puede mostrar valores similares o superiores a los encontrados en gramíneas tropicales, lo que justifica la incorporación de la Morera a sistemas pecuarios de clima tropical.

La masa foliar de Morera puede conservarse como follaje ensilado ya que tiene una fermentación láctica y tiende a mantener niveles adecuados de proteína y digestibilidad (Benavides, 1998). El material ensilado de Morera mostró un contenido de proteína cruda inferior y digestibilidad ligeramente superior a otras especies arbóreas (Cuadro 3) colocando a la Morera como una opción intermedia con respecto a las otras especies. Sin embargo, los autores del estudio indican que el material ensilado de Morera podría mostrar mayor calidad si solamente se incluyen hojas; es decir no incluir tallos y material lignificado.

Cuadro 3. Contenido (%) de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* (DIVMS) de ensilajes de especies leñosas.

Especie ensilada	MS	PC	DIVMS
Chicasquil (<i>Cnidocolus aconitifolius</i>)	16.2	12.9	75.9
Morera (<i>Morus alba</i>)	31.0	10.7	62.9
Amapola (<i>Malvaviscus arboreos</i>)	31.5	7.7	42.5
Jocote (<i>Spondias purpurea</i>)	21.8	20.3	51.0

(Vallejo *et al.*, 1994)

Las hojas de Morera pudieron sustituir hasta 46% del concentrado dado a vacas Holstein pastoreando Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sin que se afectara el consumo, producción y composición de la leche (Benavides *et al.*, 2000).

Ternerías Holstein x Cebú pastoreando pasto Guinea (*Panicum maximum*) mantuvieron su ganancia diaria de peso (571 g) al reducir en 50% el concentrado y aumentar en 1.5 veces el ofrecimiento de Morera, indicando que las hojas de Morera podían sustituir hasta 50% del concentrado usado. Al usar pasto Guinea en lugar de hojas de Morera como complemento se requirió dar 50% más concentrado (1.5 kg ternera⁻¹) para poder igualar la ganancia de peso registrada con el uso de hojas de Morera como complemento al pastoreo (García *et al.*, 2006).

La ganancia diaria post-destete de cabras Boers y Nubias fue similar (123 g cabra⁻¹) aun cuando el concentrado fue completamente sustituido por hojas de

Morera, esto debido a que el consumo de materia seca como el de proteína se mantuvo igual a todos los niveles de sustitución de concentrado por hojas de Morera (Miller *et al.*, 2005)

En cabras lecheras, Rojas y Benavides (1994) encontraron incrementos en la producción de leche de 1.84 a 2.21 kg animal⁻¹ día⁻¹ cuando la complementación con Morera pasó del 1.0 al 2.6% del PV en base seca, con ligeros incrementos en los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales de la leche de 3.1 a 3.3, 3.3 a 3.5 y 11.2 a 11.5%, respectivamente.

Maldonado *et al.* (2001) encontraron que el follaje de Morera promovió la máxima ganancia diaria de peso (96 g) y consumo diario (795 g) en corderos, superando las ganancias obtenidas con follaje de *Erythrina americana* y *Albizia lebbek*.

Velásquez *et al.* (1994) observaron al pasar de 1 a 1.5 kg de Morera por cada 100 kg de peso vivo la ganancia diaria de peso de los novillos se mejoró en 323 g pasando de -128 a 195 g animal⁻¹.

2.3 Propagación de Morera

Boschini y Rodríguez (2002) señalan como un buen método de propagación asexual el enraizamiento de estacas, de 35 a 40 cm de longitud, de 2.5 a 3.5 cm de diámetro con al menos cuatro yemas en buen estado, extraídas de ramas mayores a 120 días de edad, con un corte transversal limpio en ambos extremos y con aplicación de auxina. Medina *et al.* (2007) encontraron el mayor enraizamiento y desarrollo inicial de hojas cuando el diámetro de la estaca estuvo entre los 3 y 3.9 cm, indicando además que estacas con diámetro de 2 cm o menos muestran poco éxito en el desarrollo de raíces.

Noda *et al.* (2004) indican que las estacas pueden plantarse en el lugar definitivo donde se pretende establecer la plantación de Morera; sin embargo, el plantar estacas con raíz y hoja desarrolladas puede ser una mejor opción para

lograr mayor éxito de campo en el establecimiento de la Morera. Boschini y Rodríguez (2002) recomiendan poner las estacas de Morera por un período de 90 a 120 días en un sustrato que promueva un rápido enraizamiento de las mismas; cuidando que este medio este libre de patógenos y competencia de otras especies y que provea constantemente de humedad y nutrimentos. La plantación a campo debe realizarse una vez pasado este tiempo y se esté al inicio de la estación de lluvias del lugar, puede tomar hasta ocho meses para que las estacas así plantadas desarrollen suficiente raíz y masa foliar para sobrevivir el período seco, estación del año en que se puede morir hasta 20% de las estacas plantadas. Estos autores también advierten que la mortandad de estacas puede ser aun mayor si la plantación se hace en un terreno con anegamiento o inundación, por ser la Morera muy susceptible al ataque por hongos.

Dos factores fundamentales para el éxito de la propagación por estacas son la presencia de yemas laterales en la estaca y el potencial para producir raíces adventicias, ambos factores necesarios para que las estacas se conviertan en una planta independiente (Hartmann y Kester, 1983).

Un factor adicional a las características biológicas de las estacas es el hecho de que estas provenga de una planta madre sana, moderadamente vigorosa y que haya crecido en plena luz. Esto puede ayudar a obtener estacas con un contenido de carbohidratos suficiente para soportar el crecimiento inicial de la parte aérea y parte radical hasta que las hojas tienen un área foliar autosuficiente para producir fotoasimilados y un sistema radical capaz de absorber nutrimentos. Se recomienda obtener estacas de la parte, de las ramas, localizada entre la base o punto de inserción al tallo principal hasta la mitad de la longitud total de la rama, ya que es en esta parte, de la rama, se puede encontrar la mayor concentración de carbohidratos (Hartmann y Kester, 1983).

Hartmann y Kester (1983) señalan una estrategia de manejo, de estaca, para poder lograr un aumento en la frecuencia de enraizamiento y una mejorar de la propagación por este medio. En general, esta estrategia de manejo intenta provocar una buena condición fisiológica o nutricional en las estacas para promover una mayor rapidez del enraizamiento. La estrategia consiste en: el ahilamiento, el anillado, la aplicación de reguladores del crecimiento y de fungicidas, así como el hacer un descortezado.

El ahilamiento consiste en desarrollar plantas en ausencia de luz, para que los tejidos ahilados concentren una mayor cantidad de auxinas comparados con los tejidos no ahilados. Las auxinas son fitohormonas que en interacción con compuestos fenólicos estimulan la formación de raíces.

El anillado consiste en la eliminación del floema en una porción de la rama para bloquear el flujo de carbohidratos hacia su parte inferior, de la porción donde se realizó el corte, para promover el brote de raíces cuando esta rama se pretenda utilizar como estaca, para la creación de una nueva planta.

Los reguladores del crecimiento, principalmente auxinas como ácido indol-butírico y ácido naftalenacético, al combinarlos favorecen una mayor proporción de estacas enraizadas y mayor densidad de raíces que cuando se utilizan por separado. En estacas de Morera se incrementa 15% la velocidad de incidencia total de raíces y ramas iniciales al aplicar ácido indol-butírico (Boschini y Rodríguez, 2002). Partida *et al.* (2007) detectaron incremento en la longitud de raíces de pimiento morrón y berenjena 1.1 y 1.3 veces, respectivamente con dosis de 150 mg L⁻¹ de paclobutrazol comparado con el testigo.

La aplicación de fungicidas no ha sido para promover una mayor iniciación de raíces sino como una herramienta para proteger a las raíces contra el ataque de hongos y facilitar la formación de raíces en un ambiente húmedo.

El descortezado consiste en desprender de la estacas una capa delgada de corteza para exponer el cambium pero evitando ocasionar una herida profunda,

después el área descortezada puede ser tratada con algún compuesto promotor del enraizamiento.

El tejido expuesto por el descortezado muestra una mayor rapidez en la formación de raíces, respuesta que se ha asociado a una mayor acumulación de auxinas y carbohidratos en el tejido expuesto que estimula la división celular, una mayor tasa respiratoria y producción de etileno. Estas tres últimas condiciones favorecen la formación y desarrollo acelerados de primordios radicales. La pronta formación de las raíces permite también una mayor respuesta a la aplicación de compuestos promotores del crecimiento.

Méndez *et al.* (2004) observaron que las estacas descortezadas de *Ixora coccinea* mostraron una mayor cantidad de raíces, porque el descortezado facilitó la absorción de humedad contenida en el sustrato en que plantaron las estacas. Moreno *et al.* (2005) registraron en Morera que las estacas con descortezado tuvieron mayor porcentaje de prendimiento y mayor longitud de raíz que las estacas sin descortezado, concluyendo que el descortezado es una opción para mejorar la propagación vegetativa de Morera por estacas.

2.4 Factores que intervienen en el enraizamiento de estacas

La propagación por estacas implica la formación de raíces adventicias a partir de células no diferenciadas y capacidad meristemática. En algunas especies arbustivas la formación de un callo antecede a la conformación y emergencia de las raíces adventicias. Las raíces adventicias pueden originarse del floema secundario joven, radios vasculares, cambium o médula, en cualquier caso el origen de las raíces adventicias permite explicar el impacto positivo del descortezado en la rapidez de la formación de la raíces y también del cuidado de no ocasionar heridas profundas al momento de efectuar el descortezado. La formación del callo se ha considerado una primera respuesta de la estaca al ser colocada en un ambiente propicio para la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1983).

Dado que el éxito de la propagación por estacas reside en la formación y emergencia de raíces es que varios investigadores se han dedicado a identificar tanto factores propios de la planta como externos que influyen en la formación de raíces y con ello la magnitud de prendimiento de las estacas.

Entre los factores que han sido evaluados se pueden mencionar: edad y condición fisiológica de la planta madre; porción de la rama de donde se obtiene la estaca; época de cosecha de las estacas; temperatura y humedad ambientales; colocación de la estaca en la plantación; y aplicación de reguladores del crecimiento o fitohormonas.

Las estacas obtenidas de plantas en crecimiento juvenil enraízan con mayor facilidad que aquellas provenientes de plantas más viejas. La relación entre el estado juvenil y el enraizamiento pueda explicarse por el incremento en la producción de inhibidores de raíces, a medida que aumenta la edad de la planta (Hartmann y Kester, 1983). Las estacas de Morera de 112 días edad mostraron mayor incidencia radicular comparadas con las de 84 días, siendo los valores encontrados poco atractivos para la aplicación comercial a edades tempranas (Boschini y Rodríguez, 2002).

La condición fisiológica de la planta madre, por ejemplo el estatus nutricional de la planta madre, especialmente el nivel de auxina, cofactores de enraizamiento y las reservas de carbohidratos influyen en el desarrollo de raíces y ramas de las estacas (Hartmann y Kester, 1983).

Seleccionar la parte de la rama de donde se obtendrá la estaca es importante, puesto que se ha observado una amplia variación en el enraizamiento de acuerdo a la parte de la rama donde fue obtenida. Las estacas con el mayor porcentaje de producción de raíz proceden de la porción basal de la rama (Hartmann y Kester, 1983). Rivero *et al.* (2005) registraron mayor porcentaje de enraizamiento (48%), número y longitud de raíces en estacas subapicales de *Malpighia glabra* que en estacas de posición apical. Con estacas extraídas de la

parte basal y medial de ramas de Morera tuvieron 10% más brotes radiculares que con estacas de origen apical (Boschini y Rodríguez, 2002). Sin embargo, en estacas de *Gmelina arborea* se obtuvo el 70% de enraizado con las de la parte apical, mientras que las de la parte basal fue 47.3% (Ruíz *et al.*, 2005).

La época del año en el que se toman las estacas se relaciona con el período de crecimiento. Con estacas de especies caducifolias los mejores resultados se obtienen en primavera, cuando las hojas se han expandido por completo y las ramas han alcanzado cierto grado de maduración (Hartmann y Kester, 1983).

Las temperaturas diurnas de 21° a 27°C, y nocturnas de 15 °C resultan satisfactorias para el enraizamiento de estacas de la mayoría de las especies. Las temperaturas excesivamente elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas antes que el de las raíces, y aumentar la pérdida de agua por las hojas (Hartmann y Kester, 1983).

En especies que enraízan con facilidad, la formación rápida de las raíces pronto permite que la absorción de agua compense la cantidad que es eliminada por las hojas; pero en especies de enraizado lento, la transpiración de las hojas se debe reducir a una cantidad muy baja hasta que se formen las raíces. Para reducir la transpiración de las hojas de las estacas al mínimo, la presión de vapor de agua de la atmósfera que las rodea debe mantenerse tan semejante como sea posible a la presión de agua que existe en los espacios intracelulares de la hoja. Las estacas enraízan mejor en un invernadero en condiciones de humedad elevada o de niebla muy ligera, pero sin mojar las hojas en abundancia (Hartmann y Kester, 1983).

Seleccionar la parte de la rama de donde se obtendrá la estaca es importante, puesto que se ha observado una amplia variación en el enraizamiento de acuerdo a la parte de la rama donde fue obtenida. Las estacas con el mayor porcentaje de producción de raíz proceden de la porción basal de la rama (Hartmann y Kester, 1983). Rivero *et al.* (2005) registraron mayor porcentaje de

enraizamiento (48%), número y longitud de raíces en estacas subapicales de *Malpighia glabra* que en estacas de posición apical. Con estacas extraídas de la parte basal y medial de ramas de Morera tuvieron 10% más brotes radiculares que con estacas de origen apical (Boschini y Rodríguez, 2002). Sin embargo, en estacas de *Gmelina arborea* se obtuvo el 70% de enraizado con las de la parte apical, mientras que las de la parte basal fue 47.3% (Ruíz *et al.*, 2005).

La época del año en el que se toman las estacas se relaciona con el período de crecimiento. Con estacas de especies caducifolias los mejores resultados se obtienen en primavera, cuando las hojas se han expandido por completo y las ramas han alcanzado cierto grado de maduración (Hartmann y Kester, 1983).

Las temperaturas diurnas de 21° a 27°C, y nocturnas de 15 °C resultan satisfactorias para el enraizamiento de estacas de la mayoría de las especies. Las temperaturas excesivamente elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas antes que el de las raíces, y aumentar la pérdida de agua por las hojas (Hartmann y Kester, 1983).

En especies que enraízan con facilidad, la formación rápida de las raíces pronto permite que la absorción de agua compense la cantidad que es eliminada por las hojas; pero en especies de enraizado lento, la transpiración de las hojas se debe reducir a una cantidad muy baja hasta que se formen las raíces. Para reducir la transpiración de las hojas de las estacas al mínimo, la presión de vapor de agua de la atmósfera que las rodea debe mantenerse tan semejante como sea posible a la presión de agua que existe en los espacios intracelulares de la hoja. Las estacas enraízan mejor en un invernadero en condiciones de humedad elevada o de niebla muy ligera, pero sin mojar las hojas en abundancia (Hartmann y Kester, 1983).

2.5 Conclusiones de la revisión

La producción animal puede mejorarse con la incorporación de árboles y arbustivas, no solamente por incremento en el aporte de forraje sino también

por promover un medio ambiente equilibrado. La Morera contiene propiedades nutritivas que cuando se incluye en la alimentación de los animales éstos mejoran sus parámetros productivos y reproductivos.

La incorporación de la Morera a sistemas pecuarios de producción demanda de un conocimiento de factores que puedan promover un mayor éxito en la propagación por estacas. Por lo que se necesita precisar los factores más importantes o los que más influyen en el enraizamiento y supervivencia de la nueva planta.

2.6 Literatura citada

- Benavides J., E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal. *El Chasqui* (C.R.) 25:6-35.
- Benavides J., E. 1994. La investigación en árboles forrajeros. *In: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central* (Editor: J E Benavides). Volumen II. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 721 p.
- Benavides J., E. 1998. Utilización de la morera en sistemas de producción animal. *In: III conferencia electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. <http://www.fao.org/WAICENT/FaolInfo/Agricult/aga/AGA14.htm>. Consultado febrero, 2007.
- Benavides J., E., M. Lachaux, y M. Fuentes. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus* sp.). *In: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central* (Editor: J E Benavides). Volumen II. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp: 495-514.
- Benavides J., E., I. Hernández, J. Ésquivel, J. Vasconcelos, J. González, and E. Espinoza. 2000. *In: Mulberry for Animal Production*. FAO. <http://www.fao.org/DOCREP/005/X9895E/x9895e00.htm>. Consultado febrero, 2007.
- Bidwell R., G. 1990. Fisiología Vegetal. A. G. T. Editor, S. A. Editorial Calypso, México, D.F. 784 p.
- Boschini, C., y A. M. Rodríguez. 2002. Inducción del crecimiento de estacas de morera (*Morus alba*), con ácido indol butírico (AIB). *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 19-24.
- Devendra, C., and M. Ibrahim. 2004. Silvopastoral systems as a strategy for diversification and productivity enhancement from livestock in the tropics. *In: The Importance of Silvopastoral System in Rural Livelihoods to Provide*

- Ecosystem Services. 2nd International Symposium on Silvopastoral Systems. Mérida, Yucatán, México. pp: 10-24.
- Espinoza E., y J. Benavides E. 1996. Efecto del sitio y de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del forraje de tres variedades de morera (*Morus alba*). *Agroforestería en las Américas*. 3(11): 24-27.
- García S., F., L. Valdés, y R. Fernández. 2006. Distintas proporciones concentrado/morera (*Morus alba*) como suplemento a terneras en pastoreo. *Ciencia y Tecnología Ganadera*. 1(1-2): 55-62.
- García S., F., y R. Fernández. 2004. Influencia de la frecuencia de poda y la época sobre los rendimientos de biomasa de la morera (*Morus alba*). *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. Vol: II N° 1. <http://www.cipav.org.co/RevCubana/1101/110108.html>. Consultado en febrero, 2007.
- Hartmann H., T., and D. Kester. 1983. *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice Hall, New Jersey. 727 p.
- Jegou, D., J. Waelpu J., y Brunschwig. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de morera (*Morus* sp.) y amapola (*Malvabiscus arboreus*) en cabras lactantes. *In: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central* (Editor: J. Benavides E.). Volumen I. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp: 155-162.
- Ku V., J., A. Ramírez L., y S. Valdivia V. 2006. Valor nutricional del follaje de árboles y arbustos tropicales para rumiantes. *In: IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería Pecuaria para la Producción Pecuaria Sostenible y III Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible*. CD-ROM. Varadero, Cuba. 8 p.
- Ku V., J., A. Ramírez L., F. Jiménez G., J. Alayón A., y C. Ramírez L. 1998. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. *In: III Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/aga/AGA14.htm>. Consultado marzo, 2007.
- Maldonado, M., D. Grande, E. Aranda, y G. Pérez. 2001. Comportamiento de borregos pelibuey alimentados con follaje de tres especies arbóreas tropicales. *In: II Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Villahermosa, Tabasco, México. 4 p.
- Martín, G., Y. Noda, G. Pentón, D. García, F. García, E. González, F. Ojeda, M. Milera, O. López, J. Ly, L. Leiva, y J. Arece. 2006. La Morera (*Morus alba*) una especie que puede ser utilizada para alimentar diferentes especies de animales. *In: IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería Pecuaria para la Producción Pecuaria Sostenible y III Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible*. CD-ROM. Varadero, Cuba. 20 p.

- Méndez N., J., R. Salazar G., M. A. Dautant, N. Alcorcés de G., y J. Laynez. 2004. Efecto del medio de enraizamiento, número de hojas por estaca y lesionado de las estacas de *Ixora enana* (*Ixora coccínea* L.) con homojardín n° 4. Revista UDO 4(1): 31-35.
- Medina, M., D. García, T. Clavero, J. Iglesias, y J. López. 2007. Evaluación inicial de la Morera (*Morus alba* L.) en condiciones de vivero. Zootecnia Tropical 25(1): 43-49.
- Miller, D., D. McDonald, and F. Asiedu. 2005. The effect of mulberry leaf on the growth performance of weaner goats in Jamaica. A compilation of CARDI research papers. Editor, CARDI Review. <http://www.cardi.org/publications/cardireview/CARDIReview-2005-05.pdf>. Consultado en febrero, 2007.
- Moreno E., F., A. Márquez, y T. Preston. 2005. Cuatro métodos de propagación vegetativa de morera (*Morus alba*). Livestock Research for Rural Development 17(5): 1-9.
- Noda, Y., G. Pentón, y G. Martín. 2004. Comportamiento de nueve variedades de *Morus alba* durante la fase de vivero. Pastos y Forrajes 27(2): 131-138.
- Partida R., L., T. Velázquez A., B. Acosta V., F. Ayala T., T. Días V., J. Inzunza C., y J. Cruz O. 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena. Revista Fitotecnia Mexicana 30(2): 145-149.
- Pelicano, A., M. Divo de Sesar, N. Zamuner, J. L. Danelón, y M. Yos. 2007. Efecto de la propagación asexual y prolongación del período vegetativo de *Morus alba* en la producción de capullos de seda. Ciencia e Investigación Agraria 34(2): 81-89.
- Petit, J. El árbol como fuente de forraje. Revista La Era Agrícola N° 15. http://www.eraecologica.org/revista_15/fuente_forraje.htm. Consultado en febrero, 2007.
- Poliszulk, H., W. Silva, M. Ferrer, E. Betancourt, y G. Rivero. 1999. Efectos de distintos tratamientos hormonales en la inducción de raíces adventicias en estacas apicales de *Bucida buceras*. Revista de la Facultad de Agronomía 16(1): 71-75.
- Polo, E. 2006. Producción y calidad de biomasa de la morera (*Morus alba*) bajo tres distancias de siembra y frecuencia de poda. In: IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería Pecuaria para la Producción Pecuaria Sostenible y III Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible. CD-ROM. Varadero, Cuba. 12 p.
- Rodríguez, C., R. Arias, y J. Quiñones. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de morera (*Morus* sp.) en el trópico seco de Guatemala. In: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central (Editor: J E Benavides). Turrialba, Costa Rica, CATIE. II: 515-529.
- Rojas, H., y J. Benavides E. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplemento con altos niveles de morera (*Morus* sp.). In: Árboles y

- Arbustos Forrajeros en América Central (Editor: J E Benavides). Turrialba, Costa Rica, CATIE. I: 305-320.
- Ruíz G., R., J. Vargas H., M. Cetina A., y Á. Villegas M. 2005. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* roxb. Revista Fitotecnia Mexicana. 28(4): 319-326.
- Sánchez D., M. 1998. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. *In*: Tercera Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/aga/AGA14.htm>. Consultado en marzo, 2007.
- Sánchez D., M. 2000. Mulberry, an exceptional forage available almost worldwide. *In*: Mulberry for Animal Production. FAO. <http://www.fao.org/DOCREP/005/X9895E/x9895e00.htm>. Consultado en febrero, 2007.
- Shelton H., M. 2004. Important of tree resource for dry season feeding and the impact on productivity of livestock farms. *In*: The Importance of Silvopastoral System in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem Services. 2nd International Symposium on Silvopastoral Systems. Mérida, Yucatán, México. pp: 158-174.
- Ting-Zing Z., T. Yun-Fang, H. Guang-Xian, F. Huaizhong, and M. Ben. 1988. FAO Agricultural Services Bulletin. No. 73/1. FAO, Roma. 127 p.
- Vallejo M., J. Benavides E., y J. Esquivel. 1994. Observaciones sobre el consumo de ensilaje de follaje de árboles y arbustos por cabras. *In*: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central (Editor: J E Benavides). Turrialba, Costa Rica, CATIE. I: 401-414.
- Vargas S., G., G. Arellano O., y R. Soto H. 1999. Enraizamiento de estacas de ICACO (*Chrysobalanus icaco* L.). Bioagro 11(3): 103-108.
- Velásquez M., C., M. Gutiérrez A., R. Arias, y C. Rodríguez. 1994. El forraje de morera (*Morus* sp.) como suplemento en dietas a base de ensilado de sorgo (*Sorghum bicolor* x *S. sudanense*) para novillos. *In*: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central (Editor: J E Benavides). Turrialba, Costa Rica, CATIE. I: 377-392.

3 CARACTERÍSTICAS INICIALES DE ESTACAS DE MORERA (*Morus alba* L.) AL VARIAR EL MANEJO EN LA PLANTACIÓN

3.1 Resumen

El objetivo del estudio fue determinar prendimiento y crecimiento inicial de estacas de Morera, al aplicar tres manejos al momento de la plantación. Se evaluaron 12 tratamientos en factorial $3 \times 2 \times 2$: tres diámetros de estaca (1.5, 2.5 y 3.5 cm), con o sin descortezado y con o sin enraizador. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones, cada repetición constó de cinco estacas plantadas individualmente en bolsas con 2.5 kg de suelo, en invernadero. Las variables fueron: prendimiento en las primeras nueve semanas, longitud de raíces, número de hojas y tallos, y rendimientos de estos componentes a 60, 90 y 120 días de la plantación. El análisis estadístico fue por análisis de varianza para cada momento de medición. Descortezar mejoró ($p < 0.05$) el prendimiento y las estacas de 3.5 cm mostraron un prendimiento 58% superior ($p < 0.05$) al de las estacas de menor diámetro. No hubo efecto ($p > 0.05$) de las interacciones para todas las variables evaluadas. Descortezar o tener estacas de 3.5 cm de diámetro promovió que los atributos medidos en raíz, hoja y tallo fueran hasta dos veces mayores ($p < 0.05$) con respecto de estacas sin descortezar o de un diámetro menor, respectivamente. El enraizador solamente promovió mayor ($p < 0.05$) rendimiento de raíz a 60 d de la plantación. Se concluyó que para un mejor prendimiento y crecimiento inicial de estacas de Morera debe atenderse al descortezado y ancho de la estaca. El enraizador tiene efecto en el crecimiento inicial de las estacas por un tiempo muy corto posterior a la plantación.

Palabras clave: propagación vegetativa, diámetro, descortezado, enraizador.

INITIAL CHARACTERISTICS OF MULBERRY (*Morus alba* L.) STEM CUTTINGS WITH DIFFERENT MANAGEMENT AT THE TIME OF PLANTING

3.2 Abstract

The objective of the study was to determine sprouting and initial growth of stem cuttings of Mulberry when three factors were applied at the time of plantation. Twelve treatments in a 3×2×2 factorial arrangement were evaluated. Three stem diameters (1.5, 2.5 and 3.5 cm), with or without stem peeling, and with or without rooting promoter. Experimental design was completely randomized with five replications; each replication consisted of five stem cuttings planted individually in containers holding 2.5 kg of soil in a greenhouse. Variables measured were sprouting in the first nine weeks, root length and yield, number and weight of leaves and branches at 60, 90 and 120 days after plantation. Variance analysis was performed independently for each time period evaluated. Stem peeling improved ($p<0.05$) sprouting, and stem diameter of 3.5 cm showed up to 58% higher ($p<0.05$) sprouting than narrower stems. There was no effect ($p>0.05$) of first order interactions. Stem peeling or 3.5 cm stem diameter gave up two times higher ($p<0.05$) values for all attributes measured in roots, leaves and stems than stem cuttings without peeling or narrower stems, respectively. Rooting promoter gave higher ($p<0.05$) root yield at 60 days after plantation only. Conclusion was that sprouting and initial growth of stem cuttings of Mulberry depend on peeling and diameter of stem cutting. Rooting promoter showed a short time effect on initial growth of stem cuttings.

Key words: vegetative propagation, stem diameter, peeling, rooting promoter.

3.3 Introducción

La morera (*Morus alba* L.) es un arbusto forrajero de distribución cosmopolita y de alta producción de biomasa foliar rica en proteína y digestibilidad. La morera puede ser propagada sexualmente, es decir, por semilla; sin embargo, la propagación más común es vegetativa o asexual, mediante el enraizamiento de estacas (Hartmann y Kester, 1983).

El éxito del enraizamiento de estacas depende de diversos factores, entre los que se puede mencionar el tipo de estaca (madera suave, leñosa o semileñosa), el origen, el diámetro, la presencia de hojas, así como el manejo previo a la siembra de las mismas. Esto está directamente relacionado con la cantidad de reservas en la estaca y el estímulo de la síntesis de auxinas, lo que se ve reflejado en la producción y crecimiento de raíces. Una vez que esto ocurre, la raíz actúa como fuente de reservas y hormonas, principalmente citocininas que son utilizadas para el prendimiento y crecimiento de la parte aérea. Por lo anterior, la medición del crecimiento de las raíces y las hojas, así como el seguimiento del prendimiento, permite evaluar el éxito del método de propagación y la calidad de las plantas obtenidas. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el desarrollo inicial de estacas de Morera al aplicar tres manejos al momento de la plantación.

3.4 Materiales y métodos

3.4.1 Localización

La fase de campo fue en el invernadero de forrajes del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado a 19° 20' N, 98° 53' W y 2250 msnm (García, 1988).

3.4.2 Tratamientos

Se evaluaron 12 tratamientos en arreglo factorial $3 \times 2 \times 2$: tres tamaños de diámetro de estaca (1.5, 2.5 y 3.5 cm), estacas descortezadas y sin descortezar, y la aplicación de un enraizador y sin enraizador. El diseño experimental fue completamente al azar en arreglo factorial, con cinco repeticiones. Cada repetición consistió de cinco estacas.

3.4.3 Origen, obtención y manejo de estacas

Las estacas provinieron de una plantación con más de tres años de haberse establecido, localizada en la comunidad de Flores Magón, municipio de Tihuatlán, Veracruz. De esta plantación se seleccionaron 20 arbustos que conformaban un bloque compacto, todos los arbustos tenían 100 días de rebrote al momento en que se cosecharon las ramas de las que se obtuvieron las estacas, la longitud de las ramas varió entre 1.10 a 1.50 m, las hojas presentes en las ramas fueron removidas manualmente para evitar algún daño físico a las mismas.

De las ramas ya sin hojas se procedió a la obtención de las estacas, la longitud de las estacas fue de 35 cm con un mínimo de tres y máximo de siete yemas. Se procuró siempre obtener estacas de los tres diámetros de una misma rama. Las ramas siempre estuvieron a la sombra y las estacas una vez obtenidas se mantuvieron en recipientes con agua, todo ello para reducir el riesgo de deshidratación; las estacas fueron plantadas en un máximo de dos horas luego de haberla obtenido. Previo a la plantación, las estacas fueron bañadas en una solución fungicida con 20 gramos de Captan en 10 litros de agua.

3.4.4 Preparación del suelo y macetas

El suelo utilizado para plantar las estacas de Morera, provino de los primeros 20 cm del perfil del suelo de una pradera alfalfa-ovillo con tres años de establecimiento. La textura del suelo fue franco arcilloso con pH de 6.9 (Cachón

et al., 1974). El suelo colectado fue molido por presión, tamizado en malla de 1 mm y secado al sol dentro del invernadero por tres días, en este tiempo el suelo era removido para asegurar un secado homogéneo.

Una vez seco el suelo se procedió al llenado de macetas; las macetas fueron bolsas de plástico negro, la cantidad de suelo por bolsa fue de 2.5 kg y con perforación en la base de la bolsa para drenar todo exceso de agua.

Desde la plantación y hasta el final del experimento, el suelo en cada maceta se mantuvo húmedo pero sin excesos de agua y libre de malezas; para ello diariamente se revisó cada maceta, las malezas eran arrancadas manualmente.

3.4.5 Aplicación de tratamientos y plantación de estacas

Las estacas utilizadas se agruparon en categorías (Figura 1), según el tamaño del diámetro previamente señalado: delgadas (1.5), medianas (2.5) y gruesas (3.5 cm).



Figura 1. Categorías de las estacas evaluadas por el tamaño de su diámetro, de izquierda a derecha: delgadas (1.5), medianas (2.5) y gruesas (3.5 cm).

Las estacas dentro de cada grupo, fueron seleccionadas al azar para recibir los niveles de los otros dos factores: con y sin descortezar, y con y sin enraizador.

El descortezado consistió en remover 3 cm del borde de uno de los extremos de cada estaca seleccionada, haciendo una incisión perimetral con una navaja; esta incisión fue a una profundidad que permitiera quitar la corteza y una capa contigua de floema (Figura 2).



Figura 2. Proceso de descortezado de las estacas seleccionadas para representar el efecto de este tratamiento.

Si la estaca no fue seleccionada para recibir la aplicación del enraizador, el área descubierta por el descortezado recibió un baño de solución fungicida (20 g de Captan por 10 L de agua) plantándose inmediatamente. Si por el contrario, a la estaca descortezada le correspondía la aplicación del enraizador, entonces se le hacía la aplicación correspondiente y finalmente se plantó en una maceta. El enraizador usado fue el Radix F-10000 en polvo, el cual contiene 1000 ppm de ácido indol-3-butírico. Para la aplicación del enraizador se sumergieron los

primeros 0.5 cm del extremo de la estaca a ser enterrado en la maceta, en un recipiente de poca profundidad con polvo.

En la plantación, para evitar daño físico, por fricción, a la estaca al momento de insertar en el suelo de la maceta, se hizo una perforación al centro del área de la misma con un punzón, el diámetro de la perforación fue similar al grosor de la estaca a plantar, la profundidad de la perforación fue de 8 cm. Después de colocar la estaca en la perforación se hizo presión con los dedos sobre el suelo contiguo a la estaca para provocar un buen contacto estaca-suelo y dar solidez para que la estaca se mantuviera erecta. Se plantó una estaca por bolsa.

Finalizada la plantación, las bolsas fueron colocadas al azar en los bancales del invernadero. Para mantener la identificación de los tratamientos se colocaron etiquetas en cada una de las bolsas según los factores involucrados en el tratamiento factorial. Las cinco estacas que conformaban una repetición siempre estuvieron contiguas y el número de bolsas por bancal fue 50.

3.4.6 Variables medidas y calculadas

Las variables medidas fueron: estacas con prendimiento, longitud y rendimiento de raíces, número y rendimiento de hojas y tallos y estacas vivas al final del experimento.

Estacas con prendimiento

Se consideró que una estaca tenía prendimiento cuando mostró al menos un punto verde visible a simple vista en cualquier yema axilar. El registro de estacas con prendimiento se inició a los siete días de la plantación y se mantuvo el registro con una frecuencia de siete días hasta los primeros 63 días. Con base en el número de estacas con prendimiento y sin prendimiento, se calculó la frecuencia absoluta y relativa, como medida de la magnitud del prendimiento según el tratamiento experimental.

Longitud y rendimiento de raíces y número y rendimiento de hojas y tallos.

La determinación de las características en raíz, hoja y tallo fueron por muestreo destructivo, utilizando una estaca en cada momento de muestreo: 60, 90 y 120 días después de la plantación.

El procedimiento seguido fue: a) con la ayuda de un chorro de agua aplicado a la bolsa se desenterró la estaca sujeta a medición, con esta forma de desenterrar se procuró recuperar el máximo de la masa radical presente; b) una vez extraída la estaca con todo y raíz, se lavó la masa radical con agua corriente sobre un tamiz para remover toda partícula de suelo adherida; c) una vez limpia la masa radical, se midió la longitud máxima (cm) desde el callo donde se formaron las raíces adventicias.

En cada estaca se midió la longitud de raíz, el número de hojas y las ramitas producidas. Cada componente medido fue separado del tallo de la estaca, se colocó en una bolsa de papel y fue expuesto a un proceso de secado a una temperatura de 55 °C por un periodo de 72 horas en una estufa de aire forzado. El final del secado se les registró su peso seco para estimar el rendimiento de raíz, hoja y tallo por estaca en gramos.

Supervivencia de estacas

A 120 días de la plantación se registró el número de estacas vivas, considerando como estaca viva al momento de la medición la que tenía al menos una hoja o tallo verde. La supervivencia se calculó como la frecuencia relativa del total de estacas prendidas a los 63 días posterior a la plantación. Las estacas sujetas al muestreo destructivo no se tomaron en cuenta para el cálculo de supervivencia.

3.4.7 Manejo y análisis estadísticos de los datos

Todas las variables de respuesta a los tratamientos experimentales, prendimiento, longitud y rendimiento de la raíz, la hoja y el tallo, fueron analizadas usando modelos estadísticos apropiados, teniendo como variables clasificatorias la fecha de mediciones, los factores principales y sus interacciones.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + e_j + d_k + (D \times e \times d)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable respuesta de la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

μ = Media general del experimento.

D_i = Efecto del i -ésimo diámetro de estaca ($i = 1.5, 2.5$ y 3.5 cm).

e_j = Efecto del j -ésimo enraizador (con y sin).

d_k = Efecto del k -ésimo descortezado (con y sin).

$(D \times e \times d)_{ijk}$ = Efecto conjunto de la i -ésimo diámetro de estaca con la j -ésimo enraizador y con el k -ésimo descortezado.

ϵ_{ijkl} = Error asociado a la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

El número de repeticiones para prendimiento fue 25, para el resto de las variables fue cinco. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2004). La comparación de medias se realizó con la prueba Tukey.

3.5 Resultados y discusión

3.5.1 Prendimiento

Los factores estudiados mostraron efecto ($p<0.05$) en prendimiento (Cuadro 4): el descortezado a partir del día 14, diámetro de estaca del día 21, enraizador sólo a 14 y 21 días después de la plantación y la interacción descortezado × enraizador de los siete a los 42 días después de la plantación.

Con base en la consistencia del efecto a través de los momentos de medición se puede indicar que el factor descortezado fue el de mayor impacto en la magnitud del prendimiento, seguido por el factor tamaño del diámetro y por último el enraizador que sólo mostró efecto en el corto plazo y que mostró interdependencia con el factor descortezado.

Cuadro 4. Significancia de las fuentes de variación en el porcentaje de prendimiento de estacas de Morera.

Días luego de la plantación	Fuente de variación ^z						
	DIA	DES	ENR	DIA × DES	DIA × ENR	DES × ENR	DIA × DES × ENR
7	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.
14	N.S.	**	*	*	N.S.	**	N.S.
21	*	**	*	**	*	**	*
28	**	**	N.S.	*	N.S.	**	N.S.
35	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.
42	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.
49	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
56	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
63	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

^zDIA = Diámetro de estaca; DES = Descortezado de estaca; ENR = Enraizador. NS, *, **; No significativo y significativo a una $p<0.05$ y 0.01, respectivamente.

El descortezado mostró efecto ($p<0.05$) desde los 14 días luego de la plantación, sin embargo, de los 14 a los 42 días después de la plantación este

efecto estuvo determinado por la interacción con el factor enraizador. En este intervalo las estacas descortezadas y sin enraizador mostraron el máximo prendimiento, pero al aplicarles enraizador el prendimiento fue similar al de las estacas no descortezadas con o sin aplicación de enraizador (Figura 3). Este resultado permite señalar que la aplicación del enraizador anuló el impacto del descortezado en dar mayor prendimiento de estacas durante los primeros 42 días después de la plantación.

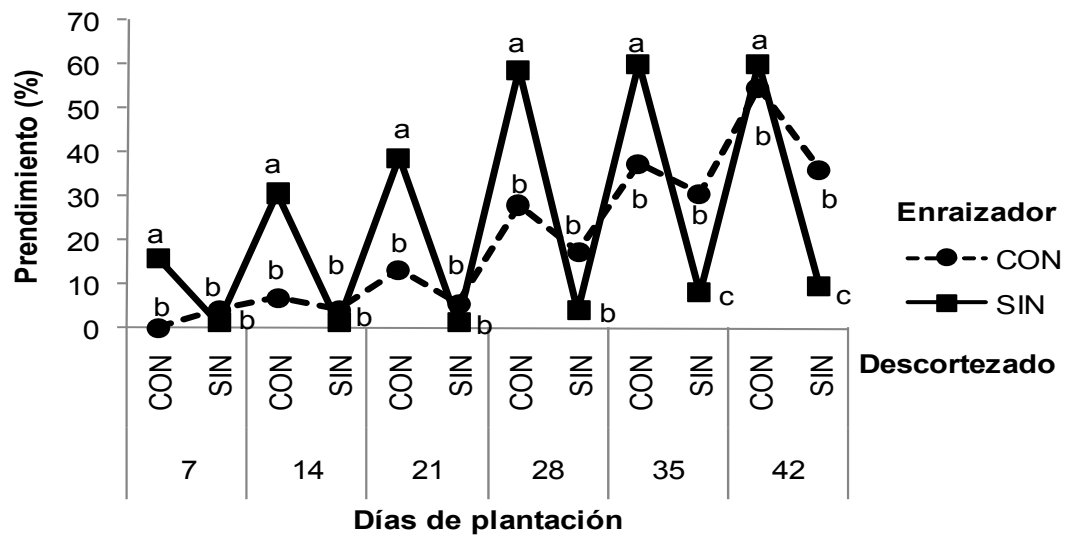


Figura 3. Prendimiento de estaca de Morera a través del tiempo con y sin descortezado y aplicación de enraizador, promedio de tres diámetros de estaca.

Desde los 49 hasta los 52 días después de la plantación, descortezar ya no mostró interacción con el factor enraizador, y como factor principal descortezar produjo un 56% más prendimiento que no descortezar (Figura 4).

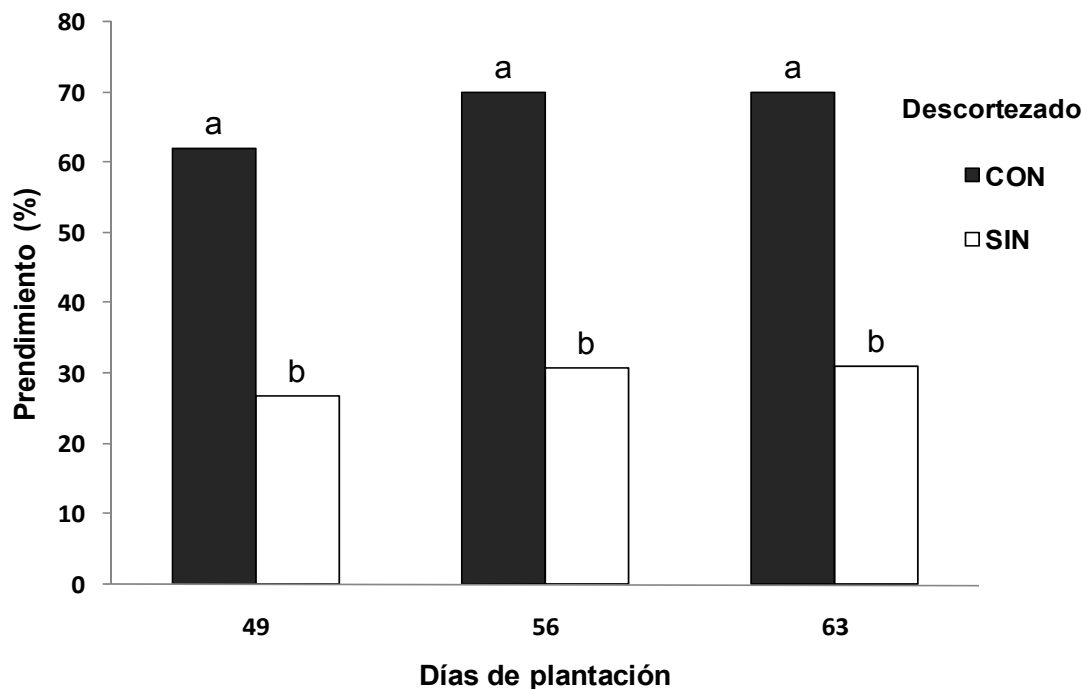


Figura 4. Prendimiento de estacas de Morera con y sin descortezado, promedio de tres diámetros y con y sin enraizador.

No se encontró una explicación para el efecto inhibitorio del enraizador en las estacas descortezadas y que originó un menor prendimiento de estacas en los primeros 42 días de la plantación, en comparación a las estacas descortezadas y sin enraizador. Para promover un prendimiento mayor desde los 14 días de la plantación, el descortezado puede ser un manejo adecuado y más efectivo que el uso de enraizador. Moreno *et al.* (2005) coinciden con señalar que el descortezado puede ser una práctica de manejo a la plantación de mayor efectividad que la aplicación de enraizador, ya que observaron que el descortezado dio casi 32% mayor prendimiento que la aplicación de enraizador.

El mayor prendimiento encontrado al descortezar podría explicarse sobre la base de que esta práctica favoreció mayor acumulación de auxinas propias de la estaca y de carbohidratos en el área sin corteza, junto con ello una producción mayor de etileno, lo que implicó un rápido desarrollo de raíces adventicias y esto a su vez promovió el prendimiento (Hartmann y Kester, 1983).

Las estacas gruesas (3.5 cm de diámetro), desde los 21 días de plantación, tuvieron el valor más alto de prendimiento y las estacas delgadas (1.5 cm de diámetro) el menor; mientras que las estacas medias (2.5 cm de diámetro) inicialmente mostraron un prendimiento igual a las delgadas e inferior al de las gruesas, posteriormente el prendimiento fue intermedio y no diferente al observado en las estacas de los otros dos diámetros, y a partir de los 56 días de la plantación las estacas medias lograron un prendimiento superior al de las delgadas y similar al de las gruesas (Figura 5).

El mayor prendimiento de las estacas gruesas podría ser reflejo de una mayor cantidad de reservas de carbohidratos solubles, lo que permitió a su vez una rápida alimentación de los puntos de crecimiento de la estaca. Medina *et al.* (2007) y Sanginés *et al.* (2000) no encontraron diferencia en la magnitud de prendimiento con estacas de Morera de diferente diámetro; estos autores indican que la similitud en prendimiento a través de estacas de diferente diámetro se debe a que en las estacas más delgadas con las que trabajaron existió una alta cantidad de sustancias de reserva.

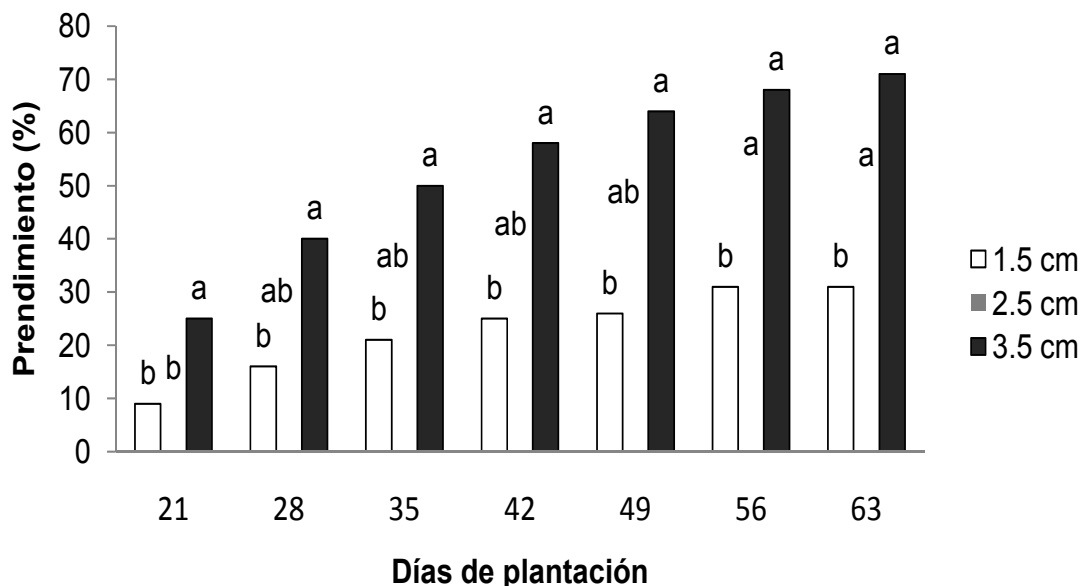


Figura 5. Prendimiento acumulado de estacas de Morera con diferente diámetro a través del tiempo.

El factor tiempo mostró efecto ($p < 0.05$) en el prendimiento (Figura 6) desde el día siete luego de la plantación y hasta el 56 se observó un incremento constante en el prendimiento acumulado, siendo de mayor magnitud este incremento entre los 21 y 56 días de la plantación. Del día 56 al 63 ya no se registró aumento ($p > 0.05$) en el prendimiento.

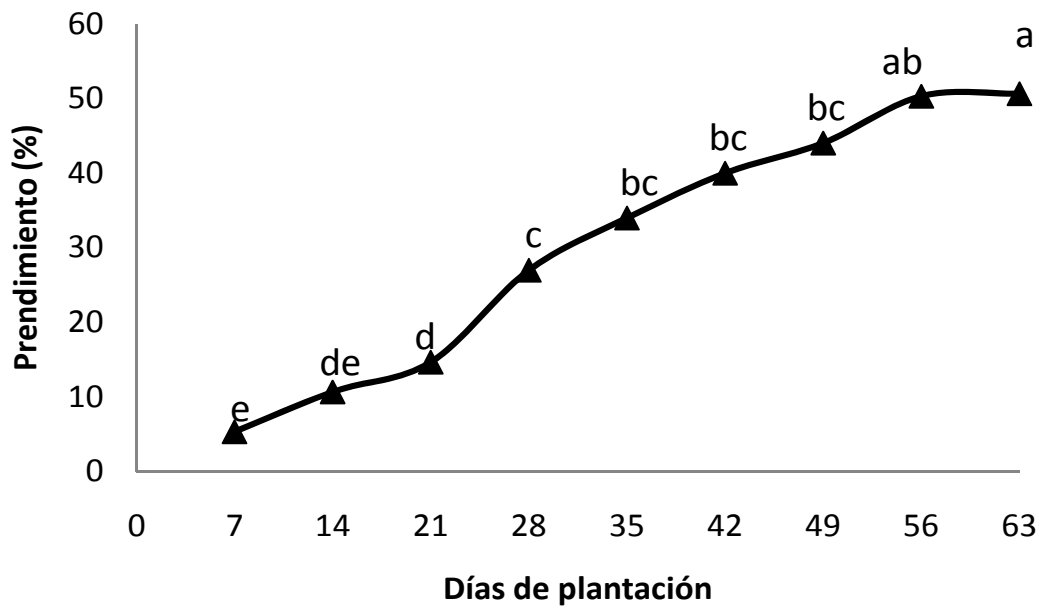


Figura 6. Prendimiento acumulado de estacas de Morera con diferente tratamiento a la plantación.

Con base en el patrón en el prendimiento acumulado observado en este estudio y considerando la amplitud de los tratamientos aplicados a las estacas a la plantación, se puede señalar que en estacas de Morera plantadas verticalmente, en un ambiente sin competencia con otras especies ni limitaciones en humedad, el máximo prendimiento posible se registra entre los 21 y 60 días de la plantación, posterior a los 60 días es poco probable observar incrementos en el prendimiento. No se encontraron estudios en los que se registrara el patrón de prendimiento a través del tiempo.

3.5.2 Longitud y rendimiento de raíces

La longitud y rendimiento de raíces no mostraron efecto ($p>0.05$) de las interacciones de los factores en ningún momento de evaluación. La longitud de las raíces se vio influida ($p<0.05$) únicamente por el diámetro y descortezado de la estaca; el rendimiento de raíces mostró efecto ($p<0.05$) de los tres factores.

La longitud y rendimiento de raíces mostraron un patrón de respuesta similar a la variación en el diámetro de la estaca (Figuras 7 y 8). A 60 días de la plantación solamente se encontró diferencia ($p<0.05$) en longitud de raíces, las estacas gruesas e intermedias mostraron raíces casi 2.5 veces más largas que las encontradas en las delgadas. A 120 días de la plantación las estacas gruesas mostraron un mayor desarrollo de raíz, reflejado en casi dos veces mayor longitud y rendimiento de raíces que lo registrado en las estacas delgadas; las intermedias en ambas características mostraron valores intermedios y no diferentes a los registrados en los otros dos tipos de estacas.

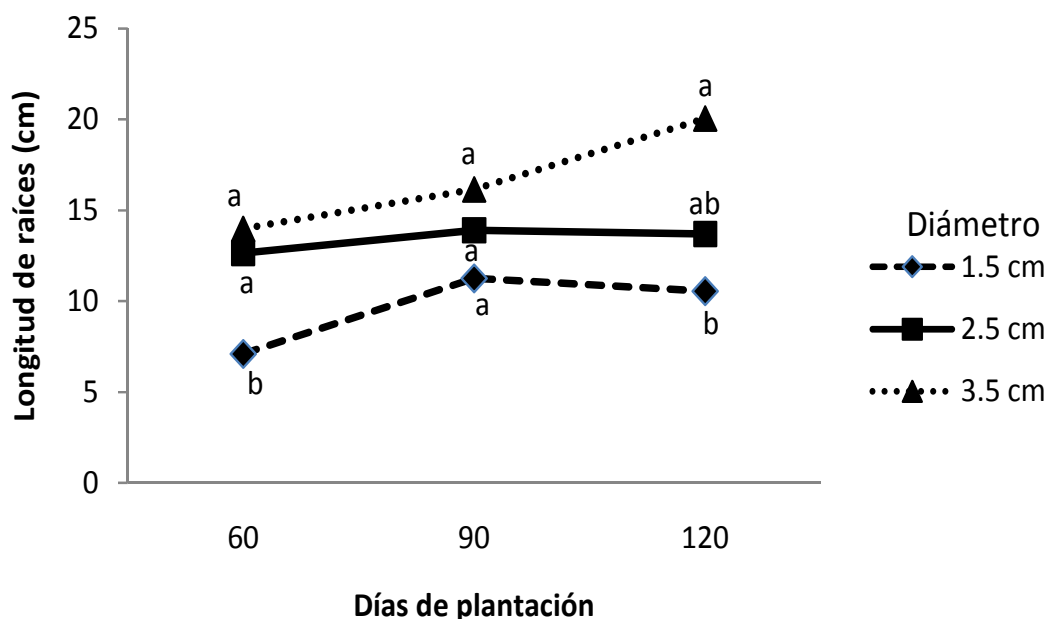


Figura 7. Longitud de raíces en estacas de Morera con diferente diámetro y días de plantación.

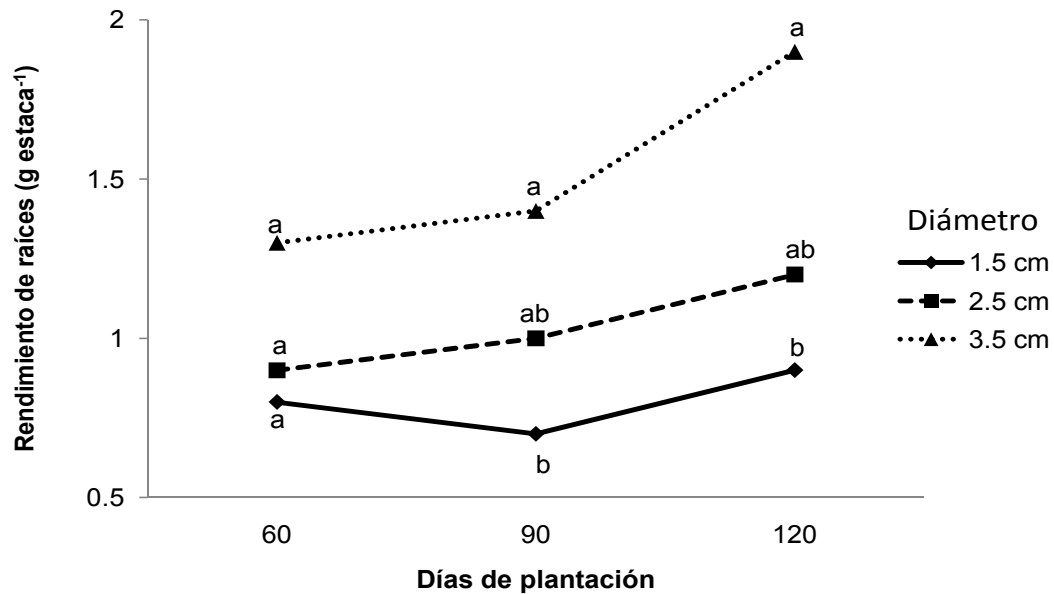


Figura 8. Rendimiento de raíces de Morera con diferente diámetro de estaca y días de plantación.

La similitud en el patrón de respuesta de la longitud y peso de la raíces indica una estrecha relación entre estas dos características de la masa radical; en general, a mayor longitud de raíces se puede esperar mayor peso de la masa radical. La superioridad de las estacas gruesas con respecto de las delgadas en el crecimiento y desarrollo de la masa radical, es contundente hasta las 120 días de la plantación, permitiendo señalar que este mayor desarrollo radical no es consecuencia directa de mayor cantidad de reservas en las estacas gruesas, según indica Hartmann y Kester (1983), sino a un mayor desarrollo de hojas y con ello un aporte mayor de nutrimentos para el desarrollo de la masa radical.

En las tres fechas después de la plantación, descortezar las estacas ocasionó mayor ($p<0.05$) longitud y rendimiento de raíces (Figuras 9 y 10) que las estacas sin descortezar. A 60 días de la plantación las estacas descortezadas mostraron 1.5 y 2 veces mayor longitud y peso de raíces, respectivamente, que las estacas sin descortezar. A los 120 días de la plantación, estas diferencias fueron de 2 y de 3 veces, respectivamente. El descortezado de la estaca originó en las tres fechas de evaluación de 2 a 3 veces mayor ($p<0.05$) rendimiento de raíces que en las estacas sin descortezar.

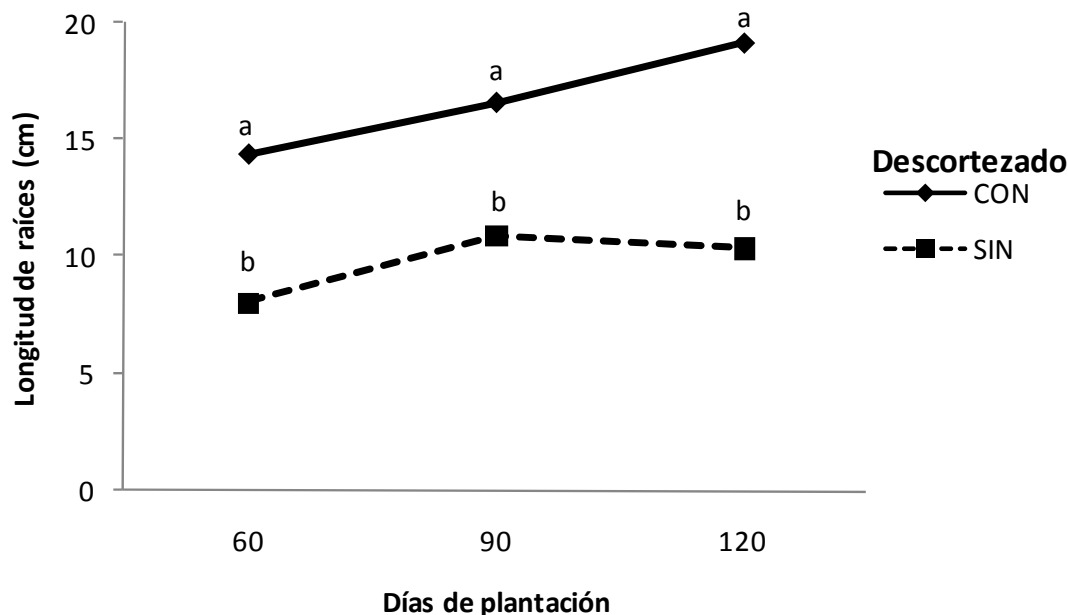


Figura 9. Longitud de raíces en estacas de Morera con y sin descortezado a diferente día de plantación.

Moreno *et al.* (2005) encontraron que la práctica de descortezar las estacas de Morera originó hasta 30% mayor longitud de raíz a 60 días luego de la plantación; en el presente estudio la mejoría en longitud fue mayor a esos días de la plantación manteniéndose a 41% hasta el día 120.

El descortezado de la estaca mejoró la longitud y rendimiento de raíces debido a que al descortezar se promueve la síntesis de auxinas y carbohidratos, lo que ayuda a una mayor rapidez de enraizamiento, y tasa de crecimiento de la raíz y de cofactores de enraizamiento como el etileno, que es un promotor de las raíces adventicias (Hartmann y Kester, 1983). También se ha observado que el descortezar la estaca incrementa la absorción del agua (Vargas *et al.*, 1999), lo que a su vez permite una mayor elongación de la raíz, y al eliminar capas de epidermis y corteza reduce barreras físicas a la pronta emisión de primordios radicales y su rápido desarrollo, facilitando una mayor longitud de raíces (Moreno *et al.*, 2005).

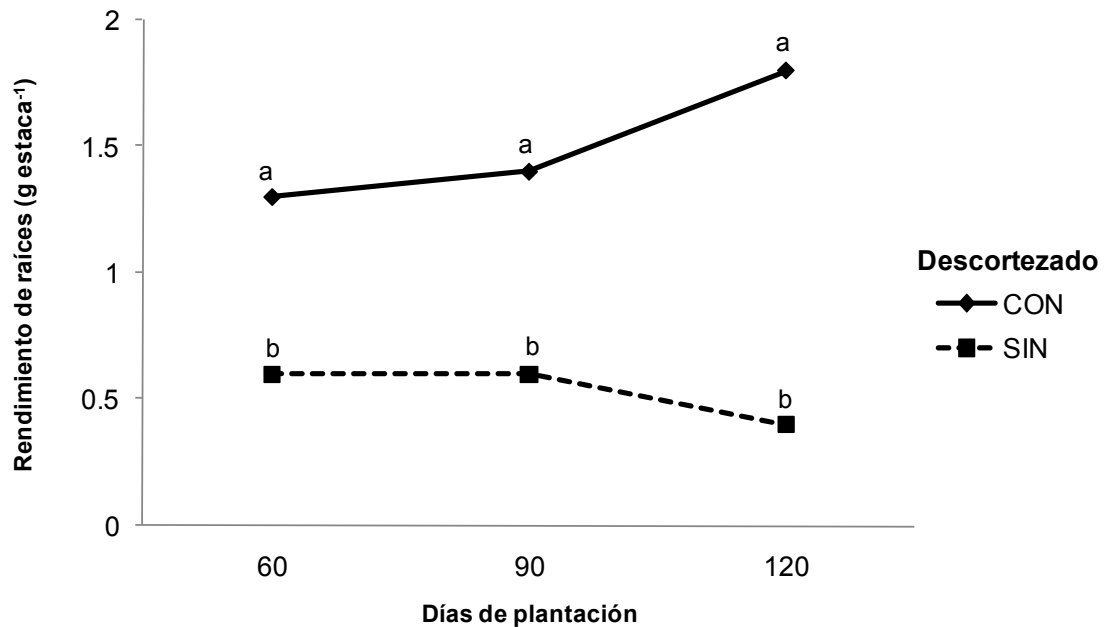


Figura 10. Rendimiento de raíces de Morera con y sin descortezado de la estaca a diferente día de plantación.

El enraizador incrementó en tres veces el rendimiento de raíces a 60 días de la plantación; sin embargo, a 90 y 120 días de la plantación ya no se encontró este efecto positivo del enraizador (Figura 11). Aún cuando el efecto positivo del enraizador fue en el plazo corto, es de importancia resaltar este efecto, ya que en condiciones de campo la estaca puede verse sujeta a cambios en las condiciones ambientales, de forma que un desarrollo temprano de la masa radical es un factor que puede asegurar mayor prendimiento y supervivencia de la estaca (Hartmann y Kester, 1983).

Soto *et al.* (2006) mencionan que la aplicación de 1500 ppm de enraizador mejoró el número y volumen de raíces en estacas de *Ficus benjamina* y con ello el desarrollo de las estacas fue también mayor. Divo de Sesar *et al.* (2007) indican que en estacas de *Aloysia triphylla*, independientemente del diámetro de las mismas, el enraizador promovió mayor iniciación y crecimiento de raíces, lo que mejoró el potencial de prendimiento y supervivencia de las estacas, por lo

que concluyen que la aplicación de enraizador debe considerarse como una práctica para mejorar el desarrollo inicial de las estacas.

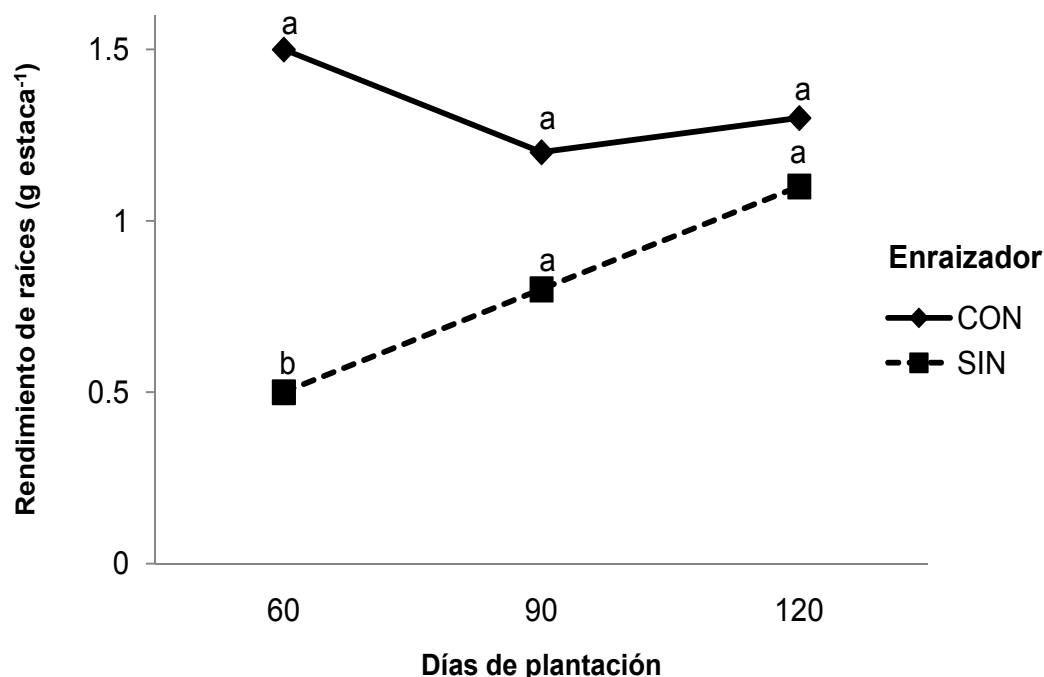


Figura 11. Rendimiento de raíces de Morera con y sin aplicación de enraizador a diferente día de plantación.

3.5.3 Número y rendimiento de hojas

El diámetro y descortezado de las estacas influyeron ($p < 0.05$) en el número y rendimiento de hojas (Figuras 12 a 15). Las estacas gruesas desde el primer momento de medición mostraron un mayor número de hojas, especialmente en comparación con las estacas delgadas: a 60 días de la plantación las gruesas tuvieron 12 hojas más que las delgadas y a los 120 días la superioridad fue de casi 22 hojas por estaca. Las estacas medianas a 60 y 90 días de la plantación mostraron un número de hojas por estaca intermedio y no diferente ($p > 0.05$) a las estacas de los diámetros extremos, excepto a 120 días de la plantación, cuando las estacas medias tuvieron un número de hojas similar al de las delgadas e inferior al registrado en las gruesas (Figura 12).

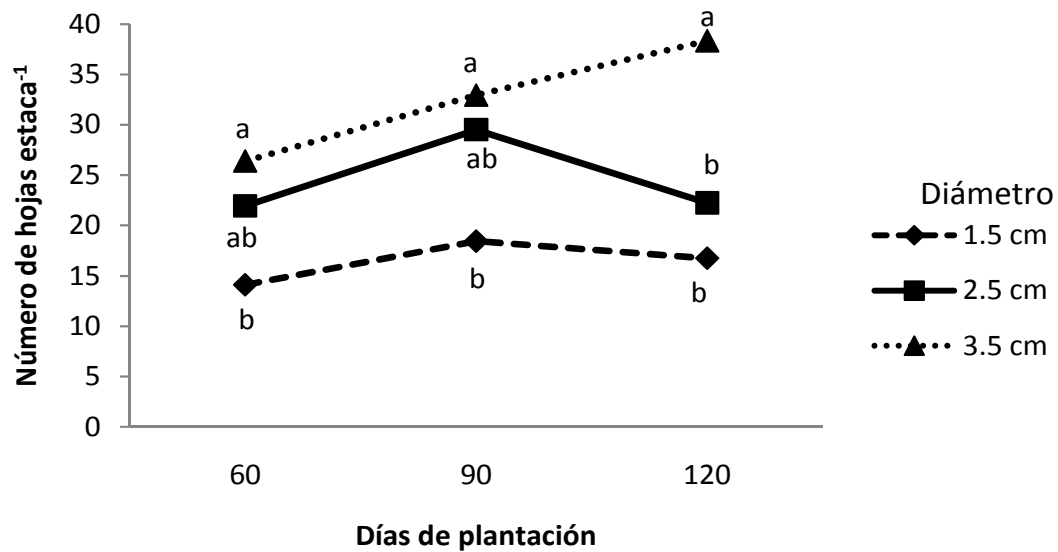


Figura 12. Número de hojas en estacas de Morera con diferente diámetro y días de plantación.

En rendimiento de hoja, el efecto del diámetro de la estaca se registró solamente a 90 y 120 días de la plantación, cuando las estacas gruesas rindieron más del doble que las delgadas, mientras que las medias tuvieron un rendimiento de hoja intermedio y no diferente al de las estacas gruesas y delgadas (Figura 13).

En número de hojas, las estacas gruesas superaron a las delgadas desde los 60 días de la plantación, pero en rendimiento fue hasta el día 90, señalando que a 60 días de la plantación la expansión del área foliar era muy reducida, por lo que aún cuando las estacas gruesas tenían más hojas que las delgadas, no se registró diferencia entre ellas en rendimiento. Esta situación permite enfatizar que el rendimiento de hoja depende del número de hojas y, de una manera muy importante, de la expansión que muestren dichas hojas.

A 120 días de la plantación, en las estacas medianas se registró una tendencia a menor número y rendimiento de hojas, en comparación a lo observado al día 90 en este mismo tipo de estacas. Esta tendencia podría asociarse a una caída

abrupta en la temperatura ambiental dentro del invernadero, pero que sólo afectó a las hojas de las estacas intermedias. No se encontró una explicación para esta situación, ya que en las estacas gruesas y delgadas no fue evidente esta tendencia.

Las estacas gruesas al tiempo que mostraron el mayor número y rendimiento de hojas, también registraron el mayor prendimiento, y longitud y rendimiento de raíces. Medina *et al.* (2007) encontraron que el número de hojas por estaca de Morera podría duplicarse si la estaca era de un diámetro entre 3 a 4 cm en comparación a un diámetro de 1 a 2 cm.

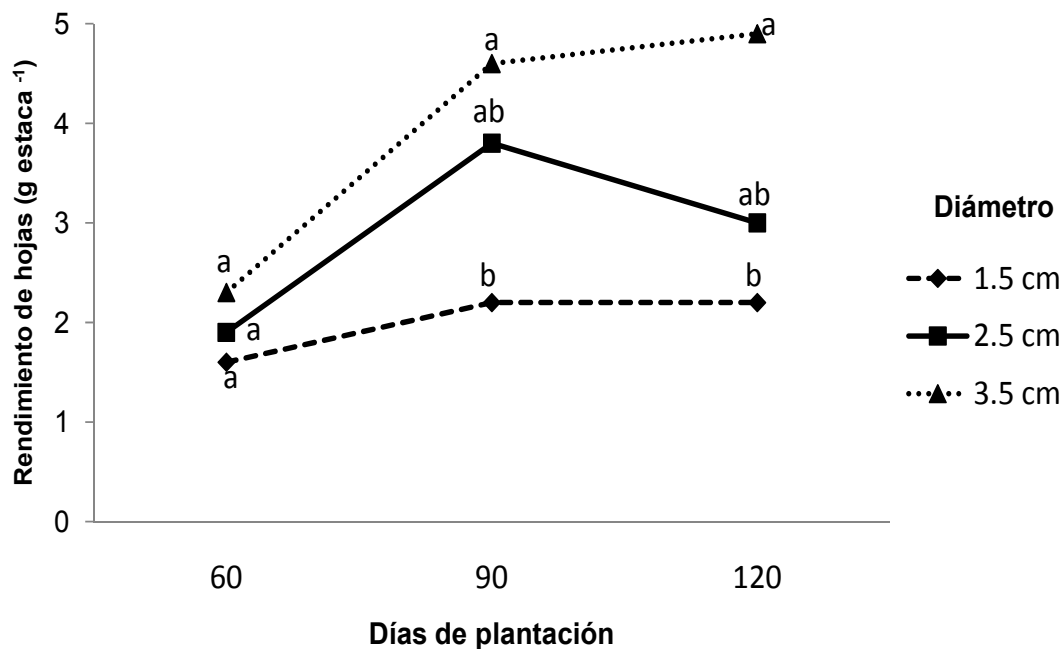


Figura 13. Rendimiento de hojas de Morera con diferente diámetro de estaca y días de plantación.

El mejor comportamiento de las estacas gruesas en número y rendimiento de hoja podría explicarse con base en lo indicado por Noda *et al.* (2004) y García *et al.* (2005). Los primeros autores indican que el número de hojas por estaca depende del número de nudos y que al igual que el número de nudos, la activación y alimentación de los mismos determinarán la cantidad de hojas; los

segundos autores indican que a mayor diámetro de la estaca se tiene mayor proporción de carbohidratos solubles, hormonas reguladoras y triterpenoides relacionados con el metabolismo del crecimiento, por lo que estacas de mayor diámetro podrían activar y alimentar un mayor número de nudos y por tanto promover un mayor número de hojas.

Otro aspecto que permite explicar el mejor comportamiento de las estacas gruesas en estos dos componentes (número y rendimiento de hojas) es el señalado por Caballero *et al.* (2006), quienes encontraron que estacas de mayor diámetro presentaban estructuras anatómicas que permitían una mayor conducción de agua y nutrimentos a los sitios de demanda, y por lo tanto una mayor traslocación de nutrientes y metabolitos activadores por unidad de volumen hacia los puntos de crecimiento.

Desde los 60 días de la plantación, descortezar promovió mayor ($p<0.05$) número y rendimiento de hojas que no descortezar (Figuras 14 y 15). Las estacas descortezadas mostraron 50 a 60% más hojas y 2.5 a 3 veces más rendimiento de hojas que las estacas sin descortezar, indicando que el descortezado favoreció más el rendimiento que el número de hojas; esto es, el descortezado promovió mayor rapidez en la expansión foliar y con ello mayor peso de hojas, a su vez, la rapidez en la expansión foliar pudo estar relacionada con la rapidez en la presencia de raíces.

El mejor comportamiento de las estacas descortezadas, sobretodo en rendimiento de hojas, podría explicarse con base en lo señalado por Hartmann y Kester (1983) de que estacas descortezadas muestran una síntesis más rápida de carbohidratos y mayor acumulación de sustancias promotoras del crecimiento. Ambas situaciones podrían favorecer una expansión foliar más rápida, más hojas y mayor rendimiento de hojas.

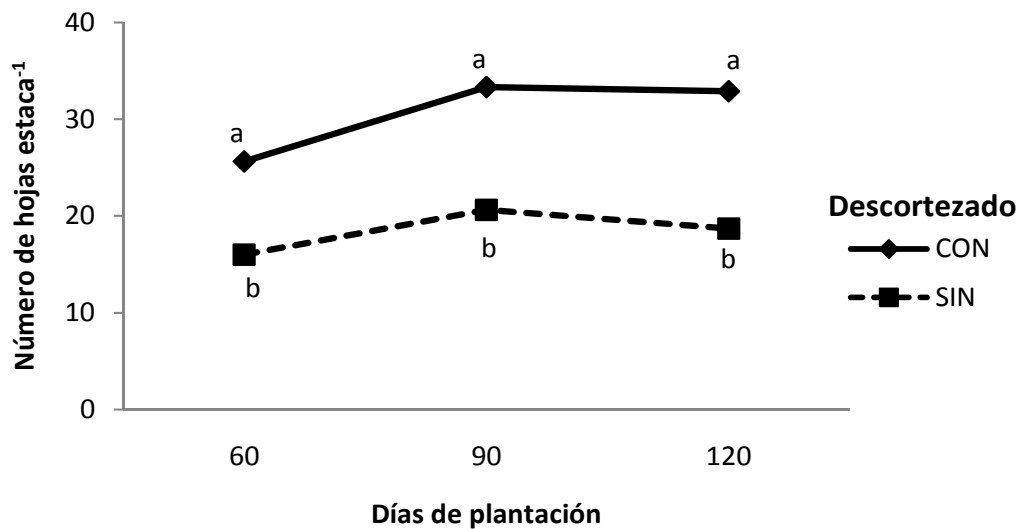


Figura 14. Número de hojas en estacas de Morera con y sin descortezado a diferente día de plantación.

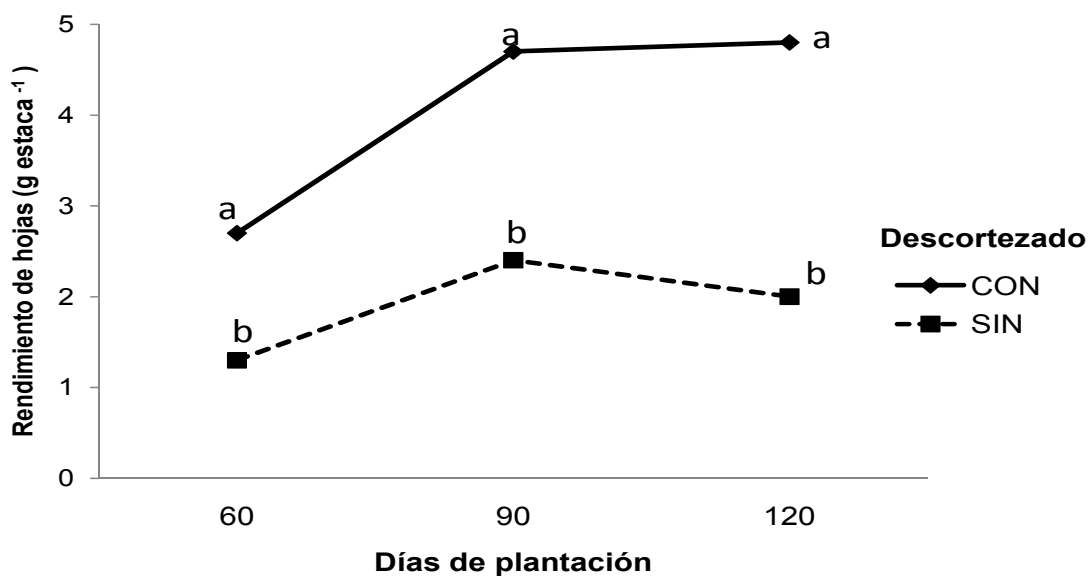


Figura 15. Rendimiento de hojas de Morera en estacas con y sin descortezado a diferente día de plantación.

En las estacas sin descortezar fue más evidente la tendencia a menor número y rendimiento de hojas a 120 días de la plantación en comparación al día 90. Como se mencionó anteriormente esta reducción pudo deberse a un descenso

brusco en la temperatura ambiental dentro del invernadero y aparentemente fueron más afectadas las estacas sin descortezar, posiblemente porque en las estacas descortezadas las hojas fueron más resistentes a este cambio en la temperatura por haber tenido una más rápida expansión.

3.5.4 Número y rendimiento de tallos

Número y rendimiento de tallos no mostraron efecto ($p>0.05$) de las interacciones, ni del enraizador y el diámetro de estaca. Solamente se detectó efecto en el número de tallos ($p<0.05$), al día 60 de la plantación las estacas delgadas mostraron la mitad de tallos que gruesas y medias, pero a 120 días las gruesas superaron a las medias y delgadas que no mostraron diferencia entre ellas (Figura 16).

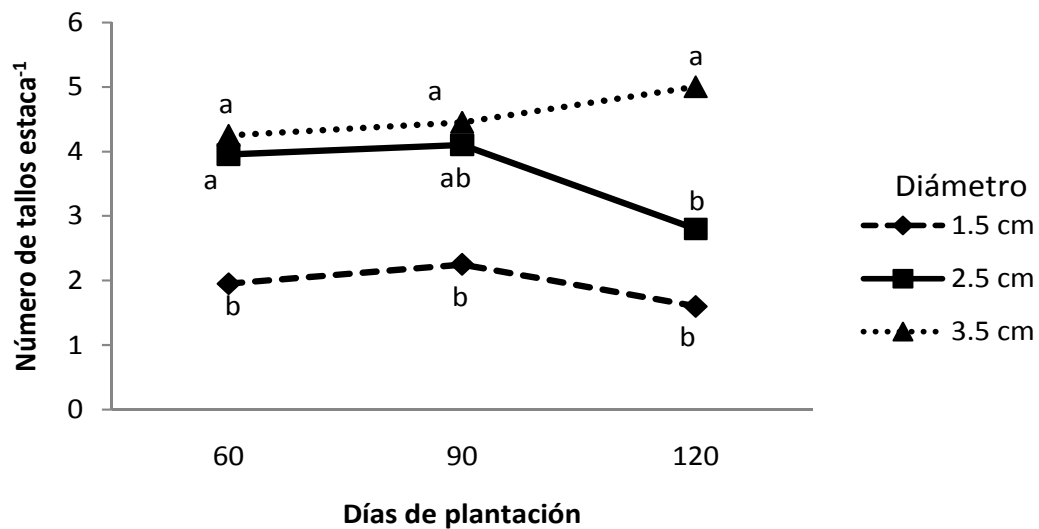


Figura 16. Número de tallos en estacas de Morera con diferente diámetro y días de plantación.

A los 90 y 120 días de la plantación, el descortezado de las estacas influyó ($p < 0.05$) el número de tallos (Figura 17). En la última fecha de medición hay una disminución del número de tallos en estacas descortezadas como en las no descortezadas; sin embargo, en las descortezadas esa disminución fue menor.

Tener una mayor cantidad de tallos garantiza mayor número de hojas, lo que impacta en la captación de energía solar para realizar fotosíntesis para mayor nutrición de la nueva planta.

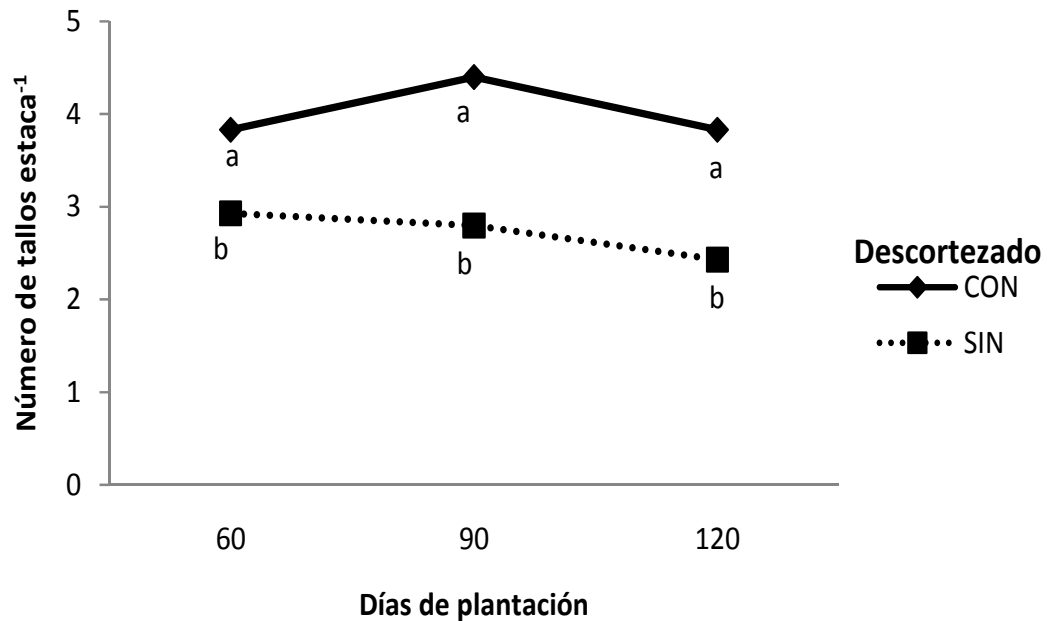


Figura 17. Número de tallos de Morera con y sin descortezado de estaca a diferente día de plantación.

El descortezado de las estacas proporcionó mayor ($p<0.05$) rendimiento de tallos en todas las fechas después de la plantación (Figura 18), como sucedió con el prendimiento, peso y longitud de raíces, peso y número de hojas y número de tallos. A los días 90 y 120 el rendimiento de tallo fue dos veces mayor en las estacas descortezadas que en las sin descortezar.

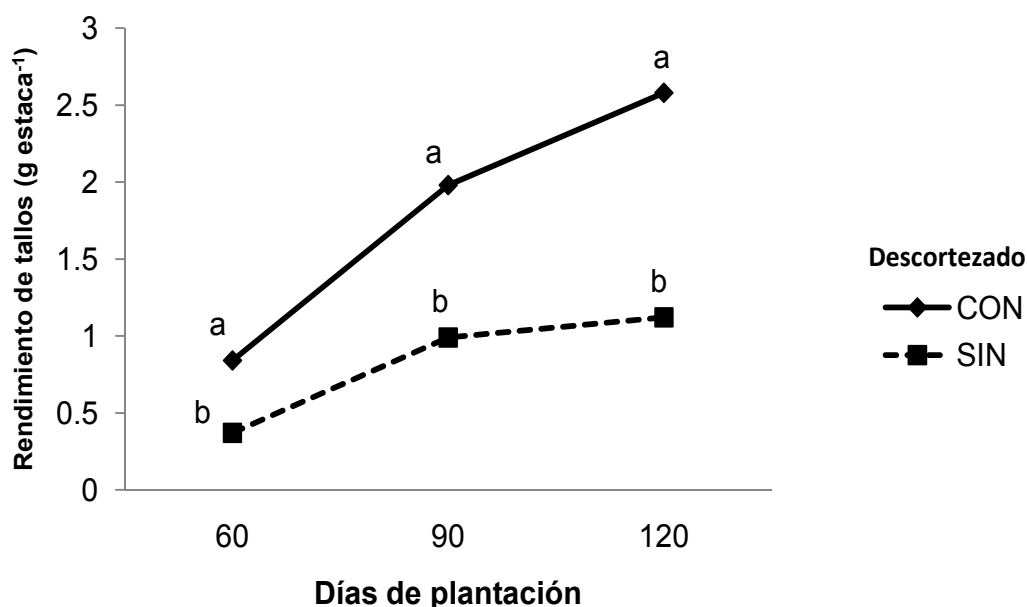


Figura 18. Rendimiento de tallos de Morera con y sin descortezado de estaca a diferente día de plantación.

3.5.5 Supervivencia

El diámetro y descortezado de las estacas mostraron efecto ($p < 0.05$) en la supervivencia (Figuras 19 y 20), que estuvo entre 41 y 73% para ambos factores, siendo esa la proporción de estacas que se convirtieron en nuevas plantas. Cabe mencionar la importancia del prendimiento, ya que una vez que las estacas prendieron tienen gran oportunidad de sobrevivir y convertirse en una nueva planta bajo las condiciones favorables del estudio.

La supervivencia varía dependiendo de las características genéticas de la variedad. Noda *et al.* (2004) encontraron alrededor de 90 y 100% de supervivencia en estacas de Morera al evaluar las variedades Acorazonada, Criolla, Indonesia y Tigreada vs 42 y 85% en estacas provenientes de plantas híbridas, quizá se debió a que fueron traídas de un ambiente diferente a donde se plantaron. Asimismo, Salas *et al.* (2006) indican que hay diferencia en la supervivencia de estacas de Morera al variar la procedencia del material

vegetativo, tomando en cuenta el tipo de suelo y el manejo agronómico de las plantas de donde se extraen las estacas.

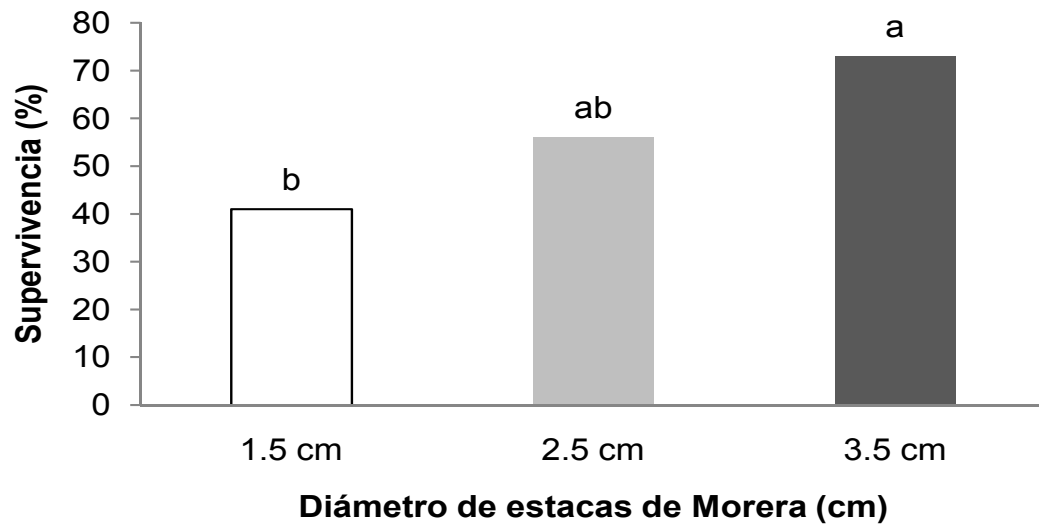


Figura 19. Supervivencia de estacas de Morera con diferentes diámetros.

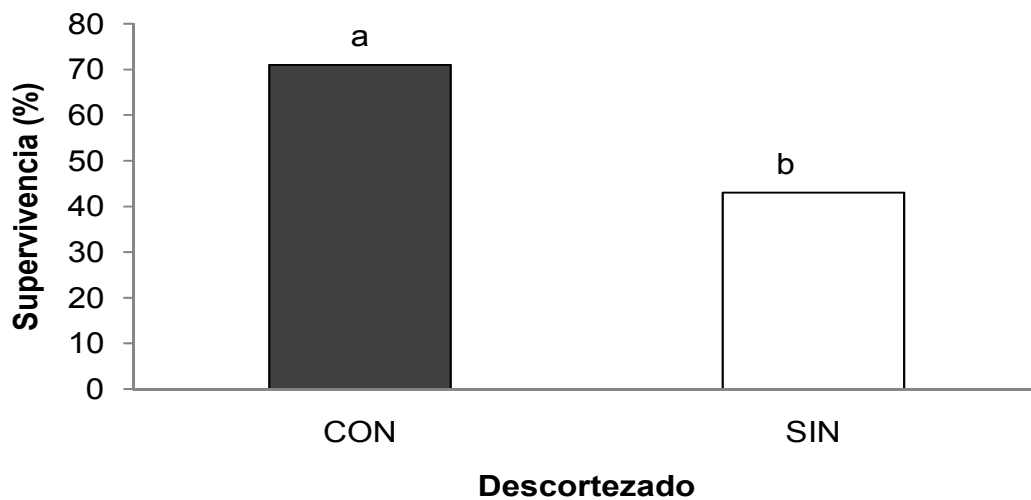


Figura 20. Supervivencia de estacas de Morera con y sin descortezado.

Con estacas de Morera de distinta longitud, diámetro y número de yemas, se observó 97.8% de supervivencia, que es atribuido a la elevada capacidad de rebrote de la planta en la etapa inicial (Medina *et al.*, 2007), que coincide con lo reportado por Sanginés *et al.* (2000), que al variar diámetro de estaca y tipo de

recipiente en estacas de Morera obtuvieron valores de supervivencia de 87 a 97%.

3.6 Conclusiones

El prendimiento de estacas de Morera dependió del diámetro y descortezado de las mismas. El efecto del descortezado en prendimiento no mejora con la aplicación de enraizador.

El desarrollo inicial de las estacas de Morera fue determinado de manera independiente por el diámetro de la estaca, el descortezado y la aplicación de enraizador.

Las estacas de Morera con mayor diámetro y descortezadas muestran mayor crecimiento de raíz, hoja, tallo y supervivencia. El enraizador muestra un efecto positivo de corta duración en los componentes del desarrollo inicial de las estacas de Morera.

3.7 Literatura citada

- Caballero, C., L. Marín, R. Soto, E. Parets, D. Ramírez, Y. Kuan, R. Padrón, y A. Socorro. 2006. Efecto del grosor del esqueje de morera (*Morus alba*) sobre su comportamiento durante los primeros 60 días de plantada. *In: Memorias I Taller de Agricultura Alternativa*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba. pp: 25-30.
- Divo de Sesar, M., S. Lagoutte, E. Etchepare, A. Cerri, P. Longoni, M. Dabini, y F. Vilella. 2006. Evaluación de parámetros asociados a la propagación vegetativa de cedrón (*Aloysia triphylla*) a través de estacas leñosas y/o semileñosas. *In: III Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales*. La Plata, Argentina. 7 al 10 de noviembre de 2006. pp: 431-433.
- Cachón A., H., E., H. Nery G., y E. H. Cuanalo de la C. 1974. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. 80 p.
- García D., E., M. Medina, y F. Ojeda. 2005. Carbohidratos solubles en cuatro variedades de Morera (*Morus alba* L.). *Pastos y Forrajes*, 28 (3): 233-239.
- García, E. 1988. Modificación al Sistema de Clasificación climática de Koppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM. 252 p.

- Hartmann H., T., and D. Kester. 1983. Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice Hall, New Jersey. 727 p.
- Medina, M., D. García, T. Clavero. J. Iglesias, y J. López. 2007. Evaluación inicial de la Morera (*Morus alba* L.) en condiciones de vivero. *Zootecnia Tropical* 25(1): 43-49.
- Moreno E., F., A. Márquez, y T. Preston. 2005. Cuatro métodos de propagación vegetativa de morera (*Morus alba*). *Livestock Research for Rural Development* 17(5): 1-9.
- Noda, Y., G. Pentón, y G. Martín. 2004. Comportamiento de nueve variedades de *Morus alba* durante la fase de vivero. *Pastos y Forrajes* 27(2): 131-138.
- Salas B., J., D. Agramonte P., F. Jiménez T., L. Collado R., y P. Pérez M. 2006. Caracteres morfológicos de plantas de *Morus alba* L. derivadas del cultivo *in vitro* en condiciones de campo. *Ra Ximbai* 2(2): 469-479.
- Sanginés G., J., P. Lara L., J. Rivera L., L. Pinzón L., T. Ramos L., J. Murillo, C. Fuentes, y G. Azcorra. 2000. Avances en los programas de investigación en morera (*Morus alba*) en Yucatán. *In: Tercera conferencia electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica.* <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/Morera/MORERA20.HTM>. Consultado en Marzo, 2007.
- SAS. 2004. SAS/STAT User's guide. (Release 9.1) SAS Publishing, Cary (NC). 1-7: 5180.
- Soto, L., J. Mata, J. Vargas H., H. González R., y V. Cetina A. 2006. Efecto de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de *Ficus benjamina* L. en diferentes épocas del año. *Ra Ximbai* 2(3): 795-814.
- Vargas S., G., G. Arellano O., y R. Soto H. 1999. Enraizamiento de estacas de ICACO (*Chrysobalanus icaco* L.). *Bioagro* 11(3): 103-108.

4 CARACTERÍSTICAS INICIALES DE ESTACAS DE MORERA (*Morus alba* L.) AL VARIAR LA POSICIÓN DE PLANTACIÓN

4.1 Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el prendimiento y crecimiento inicial de estacas de Morera plantadas horizontal y verticalmente. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones, cada repetición constó de diez estacas plantadas individualmente en bolsa (plantación vertical) o bandeja (plantación horizontal) con 2.5 kg de suelo, en invernadero. Las variables fueron: prendimiento en las primeras nueve semanas, número y rendimiento de hojas y tallos, y rendimiento de raíces a 60, 90 y 120 días de la plantación. Se realizó análisis de varianza para cada momento de medición. Las estacas horizontales mostraron 2.5 veces mayor ($p<0.05$) prendimiento que las verticales. En los tres momentos de medición la plantación horizontal mostró estacas con dos a tres veces mayor ($p<0.05$) rendimiento de hojas, raíces y tallos. A 90 y 120 días de la plantación las estacas horizontales mostraron dos veces más ($p<0.05$) hojas y tallos que las verticales. La colocación de la estaca de Morera a la plantación determina marcadamente el prendimiento y desarrollo inicial de la misma.

Palabras clave: plantación horizontal, prendimiento, rendimiento de hojas.

INITIAL CHARACTERISTICS OF MULEBERRY (*Morus alba* L.) STEM CUTTINGS PLANTED IN A DIFFERENT POSITION

4.2 Abstract

The objective of the study was to determine sprouting and initial growth of Mulberry stem cuttings planted lay-down or up-right. Experimental design was completely randomized with five replications, each consisting of ten stem cuttings planted individually in a plastic bag (up-right plantation) or a tub (lay-down plantation), with both types of containers holding 2.5 kg of soil and located in a greenhouse. Variables were: sprouting in the first nine weeks after plantation, number and yield of leaves and stems and root yield at 60, 90 and 120 days after plantation. Variance analysis was performed independently for each time period evaluated. Lay-down planting gave up to 2.5 times higher ($p<0.05$) sprouting than up-right. At the three times after plantation, lay-down stem cuttings showed 2 to 3 times higher ($p<0.05$) leaf, stem and root yield than up-rights. At 90 and 120 days after plantation lay-down plantation gave 2 times more ($p<0.05$) leaf and stem numbers than up-rights. The way stem cuttings of Mulberry are placed at the time of plantation determines extent of sprouting and initial growth.

Key words: lay-down plantation, sprouting, leaf yield.

4.3 Introducción

La incorporación de árboles y arbustos forrajeros a las áreas forrajeras se considera una opción para aumentar la producción de forraje o la calidad del mismo, mientras que se obtiene también un impacto positivo en el ambiente al promover biodiversidad vegetal y un microclima más estable (Devendra e Ibrahim, 2004).

Entre las opciones de árboles y arbustos forrajeros la Morera (*Morus alba* L.) ha sido señalada como una especie con hojas de alto valor nutritivo y por tanto promotora de una mejor respuesta en el nivel de producción de los animales alimentados con estas hojas (Benavides, 1994).

La evaluación de Morera como fuente de forraje ha sido motivo de varios estudios, en contra parte es escasa la información en el grado de éxito del desarrollo inicial de plantas de Morera al variar el manejo de las estacas en la plantación (Moreno *et al.*, 2005).

El objetivo del presente estudio fue analizar el desarrollo inicial de plantas de Morera al plantar las estacas de forma vertical y horizontal.

4.4 Materiales y métodos

4.4.1 Localización

La fase de campo fue en el invernadero de forrajes del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado a 19° 20' N, 98° 53' W y 2250 msnm (García, 1988).

4.4.2 Tratamientos

En este experimento se evaluó la posición de la estaca, al ser enterrada en la maceta, posición vertical o posición horizontal de la estaca. El diseño experimental fue completamente al azar, cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y cada repetición consistió de 10 estacas.

4.4.3 Origen, obtención y manejo de estacas

Las estacas provinieron de una plantación con más de tres años de haberse establecido, localizada en la comunidad de Flores Magón, municipio de Tihuatlán, Veracruz. De esta plantación se seleccionaron 20 arbustos que conformaban un bloque compacto, todos los arbustos tenían 100 días de rebrote al momento en que se cosecharon las ramas de las que se obtuvieron las estacas, la longitud de las ramas varió entre 1.10 a 1.50 m, las hojas presentes en las ramas fueron removidas manualmente para evitar algún daño físico de las mismas.

De las ramas ya sin hojas se procedió a la obtención de las estacas, la longitud de las estacas fue de 35 cm con un mínimo de tres y máximo de siete yemas. Las estacas provinieron de la misma porción de la rama y asegurando un diámetro de 2 cm. Las ramas siempre estuvieron a la sombra y las estacas una vez obtenidas se mantuvieron en recipientes con agua, todo ello para reducir el riesgo de deshidratación, las estacas fueron plantadas en un máximo de dos horas luego de haberlas obtenido. Previo a la plantación las estacas fueron bañadas en una solución fungicida con 20 gramos de Captan en 10 litros de agua.

4.4.4 Preparación del suelo y macetas

El suelo provino de los primeros 20 cm del perfil del suelo de una pradera alfalfa-ovillo con tres años de haberla sembrado. La textura del suelo fue franco arcilloso con pH de 6.9 (Cachón *et al.*, 1974). El suelo colectado fue molido por presión, tamizado en malla de 1 mm y secado al sol dentro del invernadero por tres días, en este tiempo el suelo era removido para asegurar un secado homogéneo.

Una vez seco el suelo se procedió al llenado de macetas, las macetas fueron bolsas de plástico negro para las estacas con plantación vertical y bandejas de forma circular para las estacas plantadas horizontalmente; en ambos

tratamientos la cantidad de suelo por bolsa o bandeja fue de 2.5 kg y con perforación en la base de la bolsa y bandeja para drenar todo exceso de agua.

Desde la plantación y hasta el final del experimento, el suelo en cada maceta se mantuvo húmedo pero sin excesos de agua y libre de malezas, para ello diariamente se revisó cada maceta, las malezas eran arrancadas manualmente.

4.4.5 Plantación de estacas

Se formaron grupos de diez estacas, a cada grupo se les asignó al azar una forma de ser plantadas, posición vertical o posición horizontal. Para la plantación vertical, se hizo una perforación al centro del área de la maceta con un punzón, para evitar que al insertar la estaca en el suelo de la maceta sufriera daño físico por fricción al colocar en el suelo. La profundidad de la plantación fue 8 cm, después de la plantación se presionó, con los dedos, el suelo contiguo a la estaca para dar un buen contacto estaca-suelo y dar solidez para que la estaca se mantuviera erecta. Se plantó una estaca por bolsa.

Para la plantación horizontal, con un desarmador se hizo en el suelo de la bandeja una pequeña zanja hacia el centro de la misma, en ella se colocó la estaca y se cubrió con una capa de suelo para quedar enterrada a 2 cm de profundidad.

Finalizando la plantación, las macetas fueron colocadas al azar en los bancales del invernadero. Las diez estacas que conformaban una repetición siempre estuvieron contiguas.

4.4.6 Variables medidas y calculadas

Las variables de respuesta debido a los tratamientos, plantación en posición vertical o en posición horizontal, que fueron medidas son: estacas con prendimiento, rendimiento de raíces, número y rendimiento de hojas y de tallos, así como estacas vivas al final del experimento.

Estacas con prendimiento

Se consideró que una estaca tenía prendimiento cuando mostró al menos un punto verde visible a simple vista en cualquier yema aérea. El registro de estacas con prendimiento se inició a los siete días de la plantación y se mantuvo con frecuencia de siete días hasta los primeros 63 días. El prendimiento se calculó como la frecuencia relativa de las estacas con prendimiento del total de estacas en evaluación. Cada estaca se consideró como una unidad experimental.

Rendimiento de raíces y número y rendimiento de hojas y tallos

Las mediciones que se hicieron en la raíz, la hoja y el tallo por muestreo destructivo, utilizando dos estacas en cada tiempo de muestreo: 60, 90 y 120 días posteriores a la plantación.

El procedimiento seguido fue: a) con la ayuda de un chorro de agua aplicado a la bolsa se desenterró la estaca sujeta a medición, con esta forma de desenterrar se procuró recuperar el máximo de la masa radical presente; b) una vez extraída la estaca con todo y raíz, se lavó la masa radical con agua corriente sobre un tamiz para remover toda partícula de suelo adherida; c) una vez limpia la masa radical, se midió la longitud máxima (cm) desde el callo donde se formaron las raíces adventicias.

En cada estaca se midió la longitud de raíz, el número de hojas y las ramitas producidas. Cada componente medido fue separado del tallo de la estaca, se colocó en una bolsa de papel y fue expuesto a un proceso de secado a una temperatura de 55 °C por un periodo de 72 horas en una estufa de aire forzado. Al final del secado se les registró su peso seco para estimar el rendimiento de raíz, hoja y tallo por estaca en gramos.

Supervivencia de estacas

A los 120 días de la plantación, se registró el número de estacas vivas, considerando que una estaca estaba viva si al momento de la medición contaba con al menos una hoja o tallo verde. El número de estacas vivas se expresó como la frecuencia relativa del total de estacas prendidas a los 63 días de la plantación. La frecuencia relativa representó la proporción de estacas que sobrevivieron. Las estacas sujetas al muestreo destructivo no se tomaron en cuenta para el cálculo de supervivencia.

4.4.7 Manejo y análisis estadísticos de los datos

Los datos correspondientes a las variables de respuesta fueron expuestos a un análisis de varianza independiente para cada fecha de medición, el diseño estadístico fue completamente al azar y como variables clasificatorias tratamiento, la posición de plantación de las estacas, y tiempo de muestreo. El modelo estadístico fue:

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

Donde:

Y_i = Variable respuesta de la i-ésima unidad experimental.

μ = Media general del experimento

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (i = forma de plantación).

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

Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2004). La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey.

4.5 Resultados y discusión

4.5.1 Prendimiento

Las estacas plantadas horizontalmente mostraron mayor ($p<0.05$) prendimiento que las verticales en todas las fechas de evaluación. Asimismo, alcanzaron 100% de prendimiento al día 35, mientras que el prendimiento máximo en las verticales fue 40% (Figura 21).

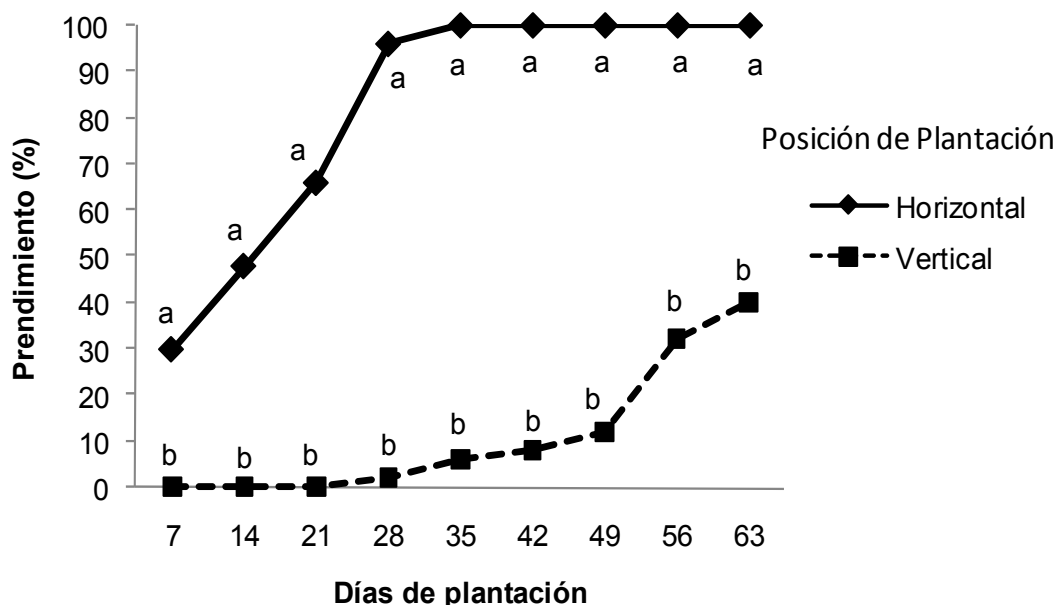


Figura 21. Prendimiento en estacas de Morera plantadas horizontal y verticalmente a diferente día después de la plantación.

4.5.2 Rendimiento de raíces

Las estacas horizontales mostraron mayor ($p<0.05$) rendimiento de raíces que las verticales en los tres muestreos (Figura 22). El desarrollo de las raíces en las estacas plantadas en posición horizontal, al día 120 de la plantación, fue representado por un rendimiento casi tres veces mayor que las estacas sembradas verticalmente. La superioridad de las estacas plantadas en posición horizontal podría explicarse, en parte, por un posible mayor número de nudos desarrollaron de raíz.

Velásquez y Ortega (1994) encontraron que sembrar estacas de yuca en forma horizontal, la producción de raíces aumentó 25% comparadas con las estacas que fueron sembradas verticalmente.

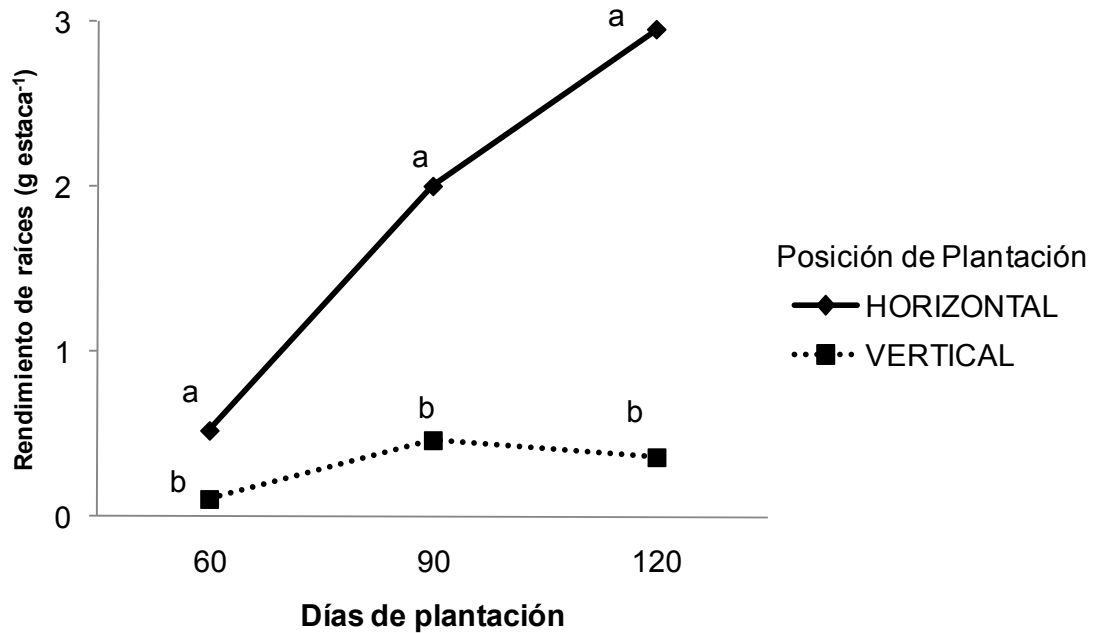


Figura 22. Rendimiento de raíces en estacas de Morera plantadas en forma horizontal y en forma vertical a diferente día después de la plantación.

4.5.3 Número y rendimiento de hojas

Al día 90 y 120 de la plantación (Figura 23) las estacas horizontales mostraron de 2 a 3 veces más hojas ($p < 0.05$) que las verticales, situación que se asocia con la mayor masa radical de las horizontales.

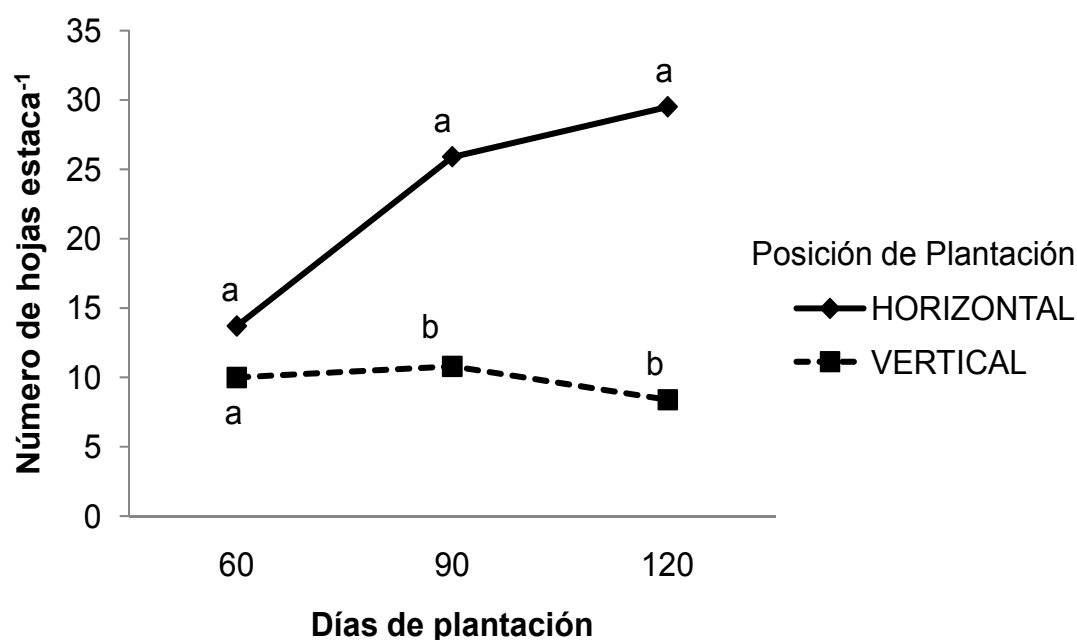


Figura 23. Número de hojas en plantas de Morera originadas de estacas plantadas en forma horizontal y vertical a diferente día después de la plantación.

Las estacas plantadas en forma horizontal mostraron de tres a cuatro veces más ($p < 0.05$) rendimiento de hojas que aquellas plantas originadas de estacas plantadas en posición vertical (Figura 24). El mayor rendimiento de hoja de las plantas originadas de estacas en posición horizontal, coincidió con un mayor número de hojas, una mayor rapidez de prendimiento y una mayor masa radical.

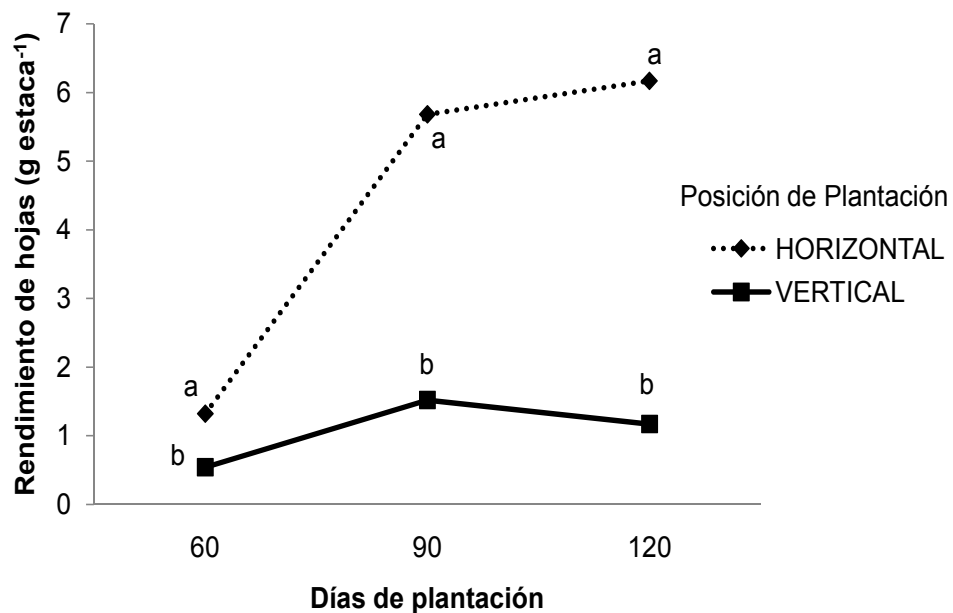


Figura 24. Rendimiento de hojas en plantas de Morera originadas de estacas plantadas en posición horizontal y posición vertical a diferente día después de la plantación.

4.5.4 Número y rendimiento de tallos

La posición de las estacas al ser plantadas mostró efecto ($p < 0.05$) en el número de tallos detectado a los 120 días de la plantación, a esta edad las plantas originadas de las estacas plantadas en posición horizontal mostraron casi el doble de tallos que en aquellas originadas de estacas plantadas en posición vertical (Figura 25).

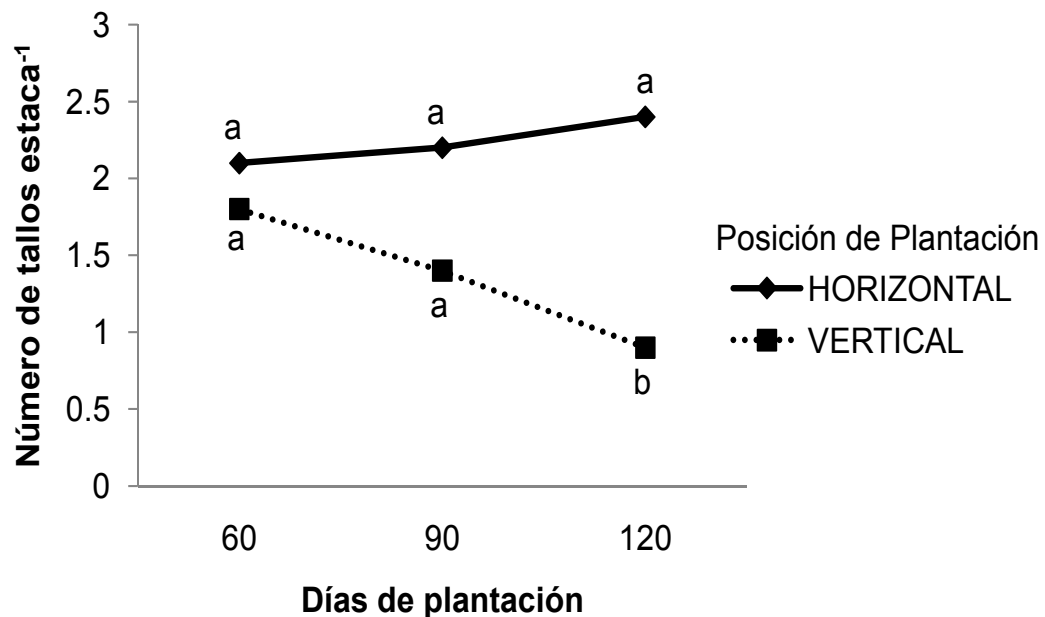


Figura 25. Número de tallos en estacas de Morera originadas de estacas plantadas en posición horizontal y posición vertical a diferente día después de la plantación.

En los tres tiempos de muestreo, las estacas plantadas en forma horizontal tuvieron mayor ($p<0.05$) rendimiento de tallos que las plantas originadas de estacas plantadas en forma vertical (Figura 26), el vigor de las plantas originadas de estacas plantadas en posición horizontal, fue mayor conforme pasaron los días posterior a la plantación. A los 120 días posteriores a la plantación, las plantas originadas de las estacas plantadas horizontalmente mostraron casi siete veces más rendimiento de tallos que aquellas originadas de estacas plantadas en forma vertical.

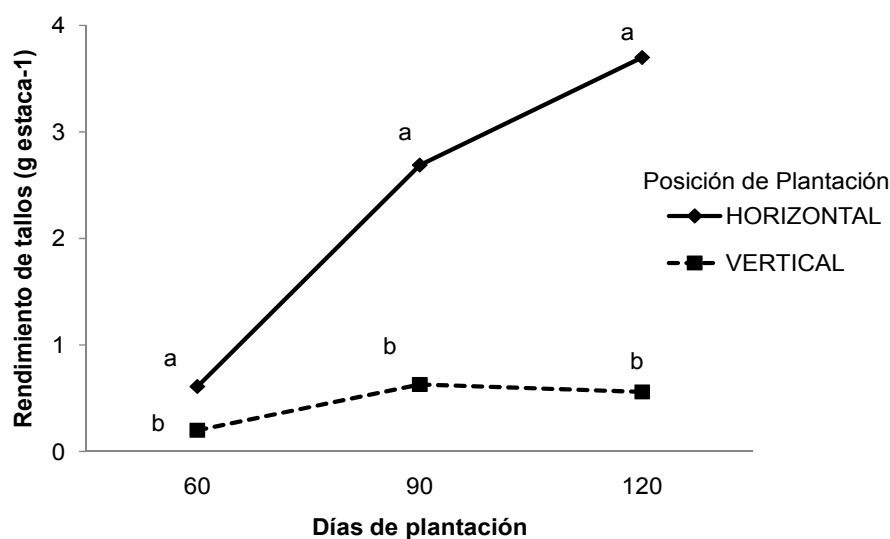


Figura 26. Rendimiento de tallos en estacas de Morera plantadas horizontal y verticalmente a diferente día después de la plantación.

4.5.5 Supervivencia

La siembra horizontal o vertical no mostró efecto ($p>0.05$) en la supervivencia (Figura 27) como sucedió en las otras variables donde la siembra horizontal propició un mayor desarrollo inicial. Todas las estacas que prendieron lograron sobrevivir durante el periodo de medición.

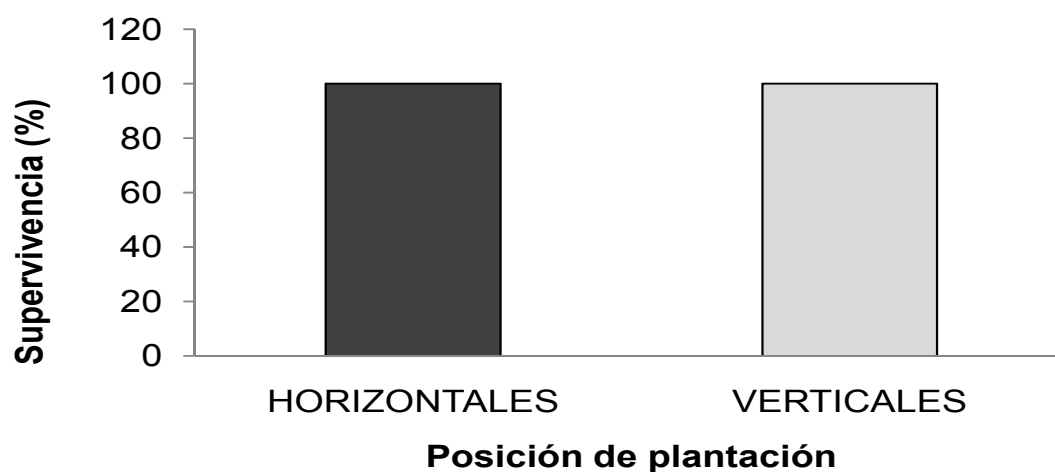


Figura 27. Supervivencia de estacas de Morera plantadas horizontal y verticalmente a 120 días después de la plantación.

4.6 Conclusiones

El prendimiento y desarrollo inicial de las estacas de morera dependen de la forma de plantación pero no la supervivencia de las estacas con prendimiento. La plantación horizontal favorece tanto el prendimiento como el desarrollo inicial de las estacas de Morera.

4.7 Literatura citada

- Benavides J., E. 1994. La investigación en árboles forrajeros. *In* Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central (Editor: J E Benavides). Volumen II. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 721 p.
- Devendra, C., and M. Ibrahim. 2004. Silvopastoral systems as a strategy for diversification and productivity enhancement from livestock in the tropics. *In*: The Importance of Silvopastoral System in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem Services. 2nd International Symposium on Silvopastoral Systems. Mérida, Yucatán, México. pp: 10-24.
- Cachón A., H., E., H. Nery G., y E. H. Cuanalo de la C. 1974. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. 80 p.
- García, E. 1988. Modificación al Sistema de Clasificación climática de Koppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM. 252 p.
- Moreno E., F., A. Márquez, y T. Preston. 2005. Cuatro métodos de propagación vegetativa de morera (*Morus alba*). *Livestock Research for Rural Development* 17(5): 1-9.
- SAS. 2004. SAS/STAT User's guide. (Release 9.1) SAS Publishing, Cary (NC). 1-7: 5180.
- Velásquez J., E., y E. Ortega C. 1994. Efecto de la profundidad y posición de plantación de esquejes de yuca en la producción de raíces. *Agronomía Tropical* 44 (3): 441-453.