

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFFECTO DE LA INTENSIDAD DE PODAS SOBRE LA PRODUCCIÓN
DE BIOMASA EN HOJAS DE *Moringa oleifera*.**

TESIS

**QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA DE INVERNADEROS**

PRESENTA

Lic. **ÁNGEL DIONISIO RICO SOMOHANO**

DIRIGIDO POR:

M. en C. **ADÁN MERCADO LUNA**

C.U. QUERÉTARO, QRO. DICIEMBRE 2013



Universidad Autónoma de Querétaro
 Facultad de Ingeniería
 Especialidad en Ingeniería de Invernaderos

Efecto de la intensidad de podas sobre la producción de biomasa en hojas de *Moringa oleifera*.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el diploma de
 Especialidad en Ingeniería de Invernaderos

Presenta:

Lic. Ángel Dionisio Rico Somohano

Dirigido por:

M. en C. Adán Mercado Luna

SINODALES

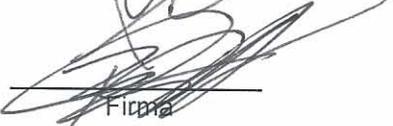
M. en C. Adán Mercado Luna
 Presidente


 Firma

Dra. Rosalía Virginia Ocampo Velázquez
 Secretario


 Firma

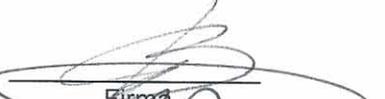
Dr. Ramón Gerardo Guevara González
 Vocal


 Firma

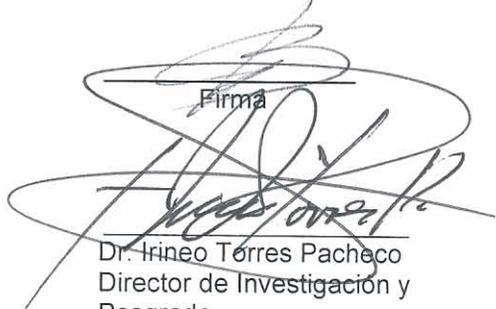
Dr. Enrique Rico García
 Suplente


 Firma

Dr. Juan Fernando García Trejo
 Suplente


 Firma


Dr. Aurelio Domínguez González
 Director de la Facultad


Dr. Irineo Torres Pacheco
 Director de Investigación y
 Posgrado

RESUMEN

Moringa oleifera es un árbol nativo del norte de la India que se cultiva en diferentes partes del mundo. Tiene múltiples usos siendo el principal como fuente de alimento debido a sus propiedades nutritivas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la poda en dos condiciones de climas sobre el crecimiento y producción de biomasa de *Moringa oleifera*. Se estudiaron dos variables, intensidad de poda (0%, 20%, 50% y 70%) y condición climática (caliente-húmeda y caliente-seco), durante cuatro meses (Agosto a Noviembre de 2013), se establecieron un total de ocho tratamientos, con tres plantas cada uno, se evaluó cada 15 días: altura de la planta, diámetro del tallo y número de ramas, y cada 30 días la producción de biomasa. Se registraron los datos de temperatura y humedad relativa de cada invernadero, obteniéndose una temperatura promedio de 28.3 y 25.1°C y humedad relativa de 64.6 y 24.0% por condición de invernadero Caliente - Húmedo y Caliente - Seco respectivamente. Los resultados se analizaron ANOVA y prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$). Encontrando diferencias significativas en la altura de la planta (siendo mayor para el clima cálido-húmedo) con una media de 224.82 ± 9.26 cm y 172.10 ± 7.79 cm respectivamente, así como en el número de ramas para la misma condición de invernadero. Para la producción de biomasa se encontró que el control en clima caliente - húmedo fue significativamente mayor al resto de las podas en ambos climas, debido a la dominancia apical y una baja relación hoja-tallo que por efecto de las podas limitaron el crecimiento vegetativo y el desarrollo del árbol. *Moringa* tiene mucho mejor comportamiento bajo climas de tipo tropical que semiárido, estando ambos en gran parte del país, lo que lo hace factible como cultivo para México.

(**Palabras clave:** *Moringa oleifera*, biomasa, podas, materia seca, invernadero).

SUMMARY

Moringa oleifera is a tree native to northern India that is grown in different parts of the world. It has multiple uses being the main one as food source because of its nutritional properties. The aim of this study was to evaluate the effect of pruning on two weather conditions on growth and biomass production of *Moringa oleifera*. Two variables were studied, pruning intensity (0%, 20%, 50% and 70%) and weather conditions (hot-humid and hot-dry) for four months (August to November, 2013). There were a total of eight treatments with three plants each. Every 15 days were evaluated: plant height, stem diameter and number of twigs, and every 30 days production of biomass. Data was recorded of temperature and relative humidity on each greenhouse obtaining an average temperature of 28.3 and 25.1°C and relative humidity of 64.6 and 24.0% respectively for hot-humid and hot-dry conditions. Results were analyzed by ANOVA and Kruskal-Wallis test ($P < 0.05$). Finding only significant differences in plant height (being higher for the hot-humid climate) with an average of 224.82 ± 9.26 cm and 172.10 ± 7.79 cm, respectively, as in number of twigs for the same greenhouse condition. *Moringa* has much better performance under tropical type climates than semiarid ones being both present in most of the country making it feasible as a crop for Mexico. Regarding biomass production it was found that the control in hot-humid condition was significantly higher than the rest of the pruning intensities on both weather conditions due to apical dominance and a low leaf-stem ratio which by effect of pruning limited vegetative growth and the development of the tree. *Moringa* has much better performance under tropical climates than semiarid ones, being both present in great part of the country making it a feasible crop for Mexico.

(Key words: *Moringa oleifera*, biomass, prune, dry matter, greenhouse)

**A la comunidad académica de la
Universidad Autónoma de Querétaro**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis profesores y compañeros que colaboraron en mi tesis así como a los demás compañeros y amigos de Amazcala y de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Así también agradezco al CONACYT por permitirme ser becario y con ello conseguir este grado académico.

ÍNDICE

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vii
Índice de figuras	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen y distribución en México de Moringa.....	3
2.2 Descripción morfológica de Moringa	3
2.3 Usos y contenido nutrimental de Moringa	4
2.4 Características del cultivo.....	6
2.5 Antecedentes	8
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	12
3.1 Objetivo General	12
3.2 Objetivos Específicos:	12
3.3 Hipótesis:.....	12
IV. METODOLOGÍA	13
4.1. Localización del área de estudio	13
4.2. Producción de biomasa	15
4.2.1. Diseño experimental	16
4.2.2. Medición de variables	18
4.3. Análisis estadístico	21

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1. Descripción de las condiciones ambientales Caliente - Húmedo y Caliente - Seco	22
5.2. Análisis de factores	24
5.3. Evaluación de altura, diámetro del tallo y número de ramas	25
5.4. Evaluación de la producción de biomasa	28
VI. CONCLUSIONES	32
VII. RECOMENDACIONES	33
VIII. LITERATURA CITADA.....	34
IX. ANEXO 1.	39
9.1. Evaluación de emergencia de la plántula	39
9.1.1. Diseño Experimental.....	39
9.1.2. Evaluación de variables	40
9.2. Resultados de evaluación de emergencia.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
4.1. Manejo de plagas y enfermedades.....	15
4.2. Tratamientos de niveles de podas y condición de invernadero	17
5.1. Análisis de los factores porcentaje de humedad relativa, temperatura, porcentaje de podas, materia fresca acumulada, materia seca acumulada y porcentaje de materia seca.	25
9.1. Tratamientos de escarificación de semillas de <i>Moringa oleifera</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
2.1. Partes de la planta de <i>Moringa oleifera</i>	4
4.1. Fotos de invernadero Caliente - Húmedo.....	13
4.2. Fotos de invernadero Caliente - Seco	14
4.3. Árboles de Moringa con una altura aproximada de 50 cm y 5 meses	14
4.4. Arreglo experimental de Moringa en ambos invernaderos	18
4.5. Mediciones de crecimiento	20
4.6. Material utilizado para poda y mediciones.....	20
4.7. Material utilizado para medir materia seca y rendimiento de poda.....	21
4.8. Data logger utilizados para medir temperatura y humedad.....	21
5.1. Temperaturas máximas y mínimas de invernaderos Caliente - Húmedo y Caliente - Seco	23
5.2. Humedad Relativa máxima y mínima de invernaderos Caliente - Húmedo y Caliente - Seco.....	24
5.3. Comparación entre intensidades de poda y dos tipos de ambiente para el crecimiento en altura del árbol.....	26
5.4. Comparación entre intensidades de poda y dos tipos de ambiente para el crecimiento diámetro del tallo	27
5.5. Comparación entre intensidades de poda y dos tipos de ambiente para el crecimiento en número de ramas.....	28
5.6. Peso acumulado de Materia Fresca	29
5.7. Peso acumulado de Materia Seca.....	30
5.8. Porcentaje de Materia Seca	31
5.9. Porcentaje materia orgánica.....	31
9.1. Arreglo experimental de tratamientos de escarificación en cámara de germinación	40
9.2 Porcentaje de emergencia de tratamientos de escarificación.	41

I. INTRODUCCIÓN

La subnutrición en el mundo es inaceptablemente alta, se estima que para el período 2010-2012 fue de 870 millones de personas, lo que representa el 12.5 % de la población mundial (o una de cada ocho personas). La gran mayoría de estas personas – 852 millones – vive en países en vías de desarrollo y para el 2015, se estima que aumentará a un 14.9 % (FAO, 2012), lo cual es alarmante y nos lleva a plantearnos nuevos retos en la producción, distribución y acceso de los alimentos.

A pesar de los enormes avances que en general ha experimentado México desde 1988 (a partir de que se lleva un estudio de carácter nacional), la desnutrición y la obesidad, siguen siendo un gran problema a enfrentar en el país. En términos generales la desnutrición, afecta en mayor medida a la región sur (con especial énfasis en niños y mujeres), y la obesidad, al norte. Las cifras son alarmantes, pues en resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición en México se ve el estado de la salud nacional con respecto a desnutrición y sobrepeso. En esta se puede observar cómo el gran problema de salud pública en México es el sobrepeso con 7 de cada 10 adultos dentro de esta categoría y la mitad de la cifra para niños y adolescentes. No obstante, la desnutrición sigue estando por encima del 5%, lo que es categorizado según la OMS (Organización Mundial de la Salud) como un problema leve (Gutiérrez *et al.*, 2012).

Por otro lado, se tienen especies vegetales que han sido utilizadas para combatir la desnutrición, entre ellas está la Moringa (*Moringa oleifera*) que es un árbol nativo de la India al que se le han encontrado una combinación singular de propiedades y aprovechamiento de sus órganos. Las hojas son comestibles y ricas en proteínas, con un perfil balanceado de aminoácidos esenciales, vitaminas A y C y antioxidantes. Los frutos son comestibles en su etapa joven y las semillas producen un aceite comestible y lubricante de alta calidad. Los desechos del

prensado de las semillas contienen los floculantes o aglutinantes vegetales más potentes que se conocen y que eliminan la turbidez del agua. Los demás residuos además de hojas y ramas se pueden ofrecer como forraje a los animales (Martínez, 1959; Reyes *et al.*, 2006; Olson y Fahey, 2011). El presente estudio busca evaluar el cultivo de esta especie para que permita producir una mayor cantidad de materia seca o biomasa en función de la intensidad de podas y que pueda hacer masivo su cultivo y que de ello lleguen sus beneficios a más lugares.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución en México de Moringa.

Es nativa de los bosques tropicales caducifolios del noroeste de la India y en el este de Pakistán (Haines, 1922). Es probable que la Moringa haya llegado a México por primera vez gracias a marineros filipinos durante los viajes de la Nao de China, que cubría la ruta entre Manila y Acapulco. Si llegó de esta manera, seguramente era utilizada como alimento por los miembros de la tripulación. Este hábito de comer la planta se ha perdido a lo largo de los siglos, pues como se mencionó anteriormente, las plantas en cultivo informal en México tienen casi exclusivamente fines ornamentales (Olson y Fahey, 2011).

2.2 Descripción morfológica de Moringa.

Esta especie pertenece a la familia botánica Moringaceae, del género *Moringa*, que comparte junto con otras 12 especies (Olson, 2010). Siendo la más importante económicamente *M. oleifera*. Es un árbol corto, delgado, perenne de muy rápido crecimiento, de entre 3 a 5 metros por año y que llega a alcanzar hasta los 10 metros de altura; es poco longevo, pues puede llegar a vivir 20 años, aunque hay variedades en la India que son anuales; sus hojas son grandes, pinnadas, divididas en folíolos dispuestos sobre un raquis, en las articulaciones de cada raquis se encuentran pequeñas glándulas; sus flores son bisexuales que están agrupadas en grandes panículas axilares; cinco pétalos, desiguales y blancos y estambres amarillos. En algunas regiones florece una sola vez al año, pero puede florecer dos veces al año; los frutos son cápsulas trilobuladas, dehiscentes, ligeras, leñosas y secas que llegan a medir de 10 a 30 cm y cuando se abren en tres partes tienen semillas de 1.5 a 3 cm de diámetro con un centro de color café oscuro y tres alas café claro. Contienen de 12 a 25 semillas por fruto y cada árbol puede producir de 15 000 a 25 000 semillas por año. (Figura 2.1) (Duke, 1983; Falasca y Bernabé, 2008; Comisión Técnica de Fitomed, 2010; Olson y Fahey, 2011; FAO-OMS, 2005).

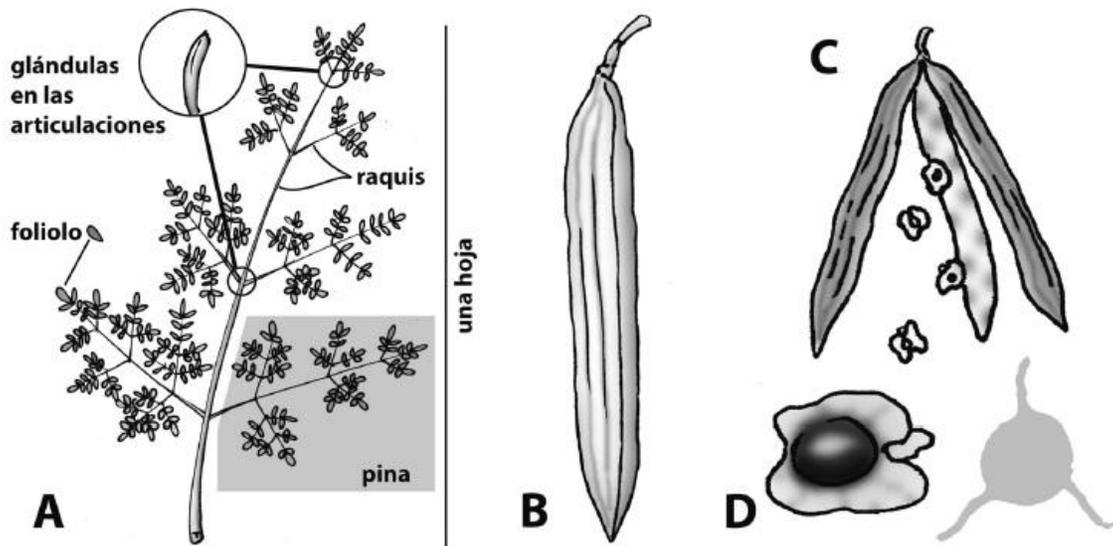


Figura 2.1. Partes de la planta de *Moringa oleifera*. a) hojas, b) fruto, c) fruto abierto, d) semilla (Olson y Fahey, 2011).

2.3 Usos y contenido nutrimental de Moringa.

Este árbol se le ha conocido también por los nombres que le dan y dotan de características místicas como: árbol de la vida, árbol generoso, árbol milagroso, árbol de la esperanza, entre otros por la razón de que de él se aprovecha prácticamente todo, hasta su leño que da un excelente carbón (Bonafant, 2012).

Olson y Fahey (2011) mencionan que los beneficios nutricionales son ampliamente reconocidos así como que la mayor parte de éstos parecen ser directamente asimilables por lo que no hay mucho lugar para dudas sobre el impacto positivo en el consumo de harina de hoja de ésta especie en la salud, pero que sin embargo falta desarrollar más pruebas clínicas bien controladas y documentadas. De esta forma, como en otros productos que tienen múltiples propiedades, se tiende a exagerar y a añadir propiedades que no tienen sustento científico. A continuación se hará una breve revisión de los beneficios comprobados más importantes de la Moringa.

a) Formador de suelos.

Es una especie de muy rápido crecimiento. Aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas (Jyothi *et al.*, 1990; Morton, 1991).

b) Fuente de nutrientes.

- Proteína y nutrientes. García *et al.*, (2006) evaluaron la composición química de *M. oleifera*. El contenido de proteína cruda en esta planta fue alto (hasta el 30% de materia seca). El contenido de K y Na (2.65 y 0.24%, respectivamente). Esta especie, de forma individual, presentó uno de los mayores contenidos de carbohidratos solubles (24,1%) y ceniza (25,8%). El contenido de proteína bruta sobrepasó el 20% en las hojas y los tallos, tanto jóvenes como desarrollados.

El contenido de nutrientes de la especie se comparó con otros alimentos (por cada 100 gramos de parte comestible). En todos los casos la Moringa presentó un mayor contenido de vitamina A, vitamina C, calcio y potasio, con relación a zanahoria, naranja, leche de vaca y plátano, respectivamente (Pérez, 2010a) lo que posiciona a esta planta como una buena alternativa para su cultivo masivo y uso como alimentación animal. Otra de las ventajas de la Moringa, es que su proteína se encuentra en la hoja y no sólo en el fruto, lo que la diferencia de otras fuentes de proteína y la hace disponible todo el año (Avendaño *et al.*, 2004; Olson y Fahey, 2011).

- Calcio y vitaminas. La Moringa es una buena fuente de vitamina A, pero por la naturaleza de la vitamina, no se puede asegurar que ésta se conserve posterior al secado y molido (Olson y Fahey, 2011). En el caso del calcio, sí se tiene una alta fuente de calcio, pero una parte importante de éste (38% de acuerdo a Radek y Savage (2008) se encuentra en forma de cristales de oxalato, lo que no la hace asimilable al ser humano (Olson y Fahey, 2011).

- Colesterol y glucosa. Estudios como el de Mehta *et al.*, (2003) demuestran que la Moringa puede ser útil para bajar tanto los niveles de colesterol (disminuye los lípidos de baja densidad, y triglicéridos así como aumenta los lípidos de alta densidad) como de glucosa. En el estudio hecho por Ndong *et al.*, (2007) se concluyó que la Moringa es una buena alternativa para regular los niveles de glucosa en la sangre.
- Antioxidantes. Estudios muestran que extractos de Moringa es una excelente alternativa natural a los conservadores artificiales y que en el caso de Anwar *et al.*, (2007), aceites que no tenían extracto de Moringa duplicaban la cantidad de peróxidos, dienos y trienos conjugados que los que sí la tenían. En otro estudio concluyeron que el poder antioxidante de las hojas de Moringa es mayor que el de frutos verdes o semillas (Singh *et al.*, 2009). Los principales compuestos bioactivos de fenoles son de grupos flavonoides como quercetina y kaempferol (Siddhuraju y Becker, 2003).

c) Beneficios de las semillas.

Los frutos jóvenes son comestibles y las semillas producen aceite comestible y lubricante de alta calidad. Los desechos del prensado de semillas contienen floculantes o aglutinantes poderosos que permiten eliminar la turbidez del agua (Olson y Fahey, 2011).

2.4 Características del cultivo.

Se ha reportado a Moringa como un árbol tolerante a la sequía, el cual puede vivir y tolerar zonas con precipitaciones de hasta 500 mm de forma anual y con temporadas secas de hasta 6 meses. Su tolerancia también es hacia los suelos con diferentes niveles de pH, siendo viable en niveles de acidez de suelo de 4.5 a 8 de pH, prefiriendo un suelo neutro o levemente ácido (Reyes, 2006), y alturas desde 0 a 1800 m.s.n.m. (con un crecimiento mejor por debajo de los 500

m.s.n.m. y menor para alturas que superan los 1500 m.s.n.m.) (Duke, 1983; Pérez, 2010a; Olson y Fahey, 2011). Es por esta razón que Moringa es un género de plantas con numerosas especies distribuidas en zonas áridas y semiáridas.

- Nutrición orgánica.

Uno de los factores requeridos para explotar al máximo esta especie es una nutrición adecuada y manejo adecuado. Las enmiendas orgánicas mediante el uso de compostas y estiércol animal, incorporadas al suelo al momento de la siembra son una forma sustentable de llevar a cabo esta actividad de forma productiva y que pueden proveer alimento a los microorganismos del suelo para mejorar su estructura, reducir su erosión. La liberación gradual de nutrientes ha hecho a las enmiendas orgánicas una forma popular de nutrir a las plantas (Adebayo, 2011).

- Manejo de riegos.

Pese a ser la Moringa una planta que soporta la sequía, al enfrentarse con la falta de agua tiende a perder su follaje. En investigaciones de Pérez *et al.* (2010b) se ha encontrado que al aplicar al menos un riego cada dos semanas (para clima tropical) se pueden obtener rendimientos satisfactorios. El riego puede ser de las diferentes formas (por aspersion, rodado o por goteo) cuidando únicamente que el sustrato tenga humedad, pero no esté mojado (evitar encharcamientos). Durante su proyecto se hicieron por inundación de melgas, hasta una altura de 10 centímetros.

- Aceptación de la planta en México.

Moringa oleifera es un alimento nutritivo y benéfico que ofrece características muy atractivas además de tener un gran potencial para establecerse como cultivo en comunidades sostenibles en el trópico seco de México. Por estas razones, este árbol es objeto de gran atención por parte de los productores. Actualmente la planta ya se cultiva en México, principalmente con fines ornamentales: se puede

encontrar en regiones y pueblos de toda la costa del pacífico y en zonas cálidas (Olson y Fahey, 2011).

2.5 Antecedentes.

- Germinación y latencia.

En diversos estudios hechos en países con condiciones tan diferentes como Venezuela, Sudáfrica, Cuba y Nicaragua se ha reportado un excelente porcentaje de germinación en *Moringa oleifera* que ha ido del 90 al 100% (desde los 10 hasta 30 días después de siembra), lo que habla de la baja latencia de su semilla y de que no necesita tratamientos para germinar en tales porcentajes (Medina *et al.*, 2007; Muhl, 2009; Reyes, 2006; Pérez, 2010a). Otro dato interesante que reporta Muhl (2009) es que la temperatura es uno de los factores más importantes en la germinación, siendo la mejor en un rango de 20 a 30°C.

- Comportamiento en climas.

Se ha encontrado en zonas con temperaturas máximas de 38°C a 48°C. Es resistente al frío por corto tiempo, soportando en algunos casos temperaturas entre -1°C y 3°C. Para las temperaturas menores de 14°C no florece y solamente se puede reproducir vegetativamente, por estacas (García, 2003; Falasca y Bernabé, 2008; Pérez, 2010a). Doerr y Cameron (2005) reportan a *Moringa* como un árbol de crecimiento rápido tanto en trópico como en sub-trópico, aunque crece mejor a temperaturas entre los 25 - 35°C y que soporta sequías pero con preferencia en precipitaciones anuales de 250 - 1500 mm.

De acuerdo a Muhl (2011) las temperaturas más altas favorecen un mejor crecimiento de *Moringa oleifera*. Así, la diferencia en regímenes de temperatura influencia visiblemente el grosor de hoja, siendo mayor cuando más baja es la temperatura (10 - 20°C la menor temperatura estudiada) pero contrastantemente las plantas a regímenes de temperatura más alta (20 - 30°C) tienen mayor área

foliar, aumentando la cantidad de estomas por planta y resultando en un incremento del crecimiento vegetativo así como de acumulación de materia seca (Bañon *et al*, 2006, Muhl *et al*, 2011).

- Podas y producción de biomasa

Muchos factores influyen la calidad del forraje. Los más importantes son la especie, etapa de madurez a la cosecha, método de cosecha y de almacenamiento (Ball *et. al.*, 2001). En el caso de la poda, un factor a considerar es la relación entre hojas y tallos. La reducción en esta relación es causa de reducción en la calidad del forraje debido a la madurez de la planta (las hojas son de mejor calidad que los tallos, y la proporción de hojas en el forraje disminuye con la madurez).

En la variación de calidad en hojas y tallos en las especies forrajeras y leguminosas, los tallos contienen mucho mayor nivel de fibra que las hojas. En la madurez tanto las hojas jóvenes como las hojas inferiores (y más viejas) son similares en calidad. En el caso del tallo, los tallos más jóvenes son mayores en calidad que los más viejos. El crecimiento reproductivo también disminuye la relación hoja-tallo y de esta forma su calidad forrajera (Ball *et. al.*, 2001).

En su investigación Nouman *et. al.* (2013) habla sobre la relación hojas-tallos y niveles de altura en la poda sobre la producción de biomasa. En estos reporta que pese a no estar claro el efecto de estos niveles de poda sobre el rendimiento en materia seca, las podas que se hicieron durante la temporada de lluvias le reportó mayor materia seca. Finalmente concluye que no hay un efecto significativo entre las alturas de poda en la producción de materia seca. El incremento en materia seca se puede explicar a una alta relación hoja-tallo (Salerno y Seiffert, 1990). El contenido de azúcar, proteína y aminoácidos se mueven velozmente desde las raíces al desarrollo de hojas nuevas, lo que puede causar un incremento en

rendimiento de materia seca cosechado a mayor altura dentro de la planta (Kitamura *et. al.* 1981).

En especies arbóreas que se utilizan también como forraje es común utilizar estrategias de podas para incrementar la producción de biomasa. En estudios como el de Casanova *et al.*, (2010) se llevó a poda dos especies diferentes con intervalos entre podas de 3 y 6 meses. En los resultados, se observó que el intervalo de poda si influyó sobre el rendimiento acumulado de biomasa foliar, habiendo un incremento del rendimiento de aproximadamente 30% en las podas cada 3 meses en comparación con el de 6 meses.

Reyes (2006), reporta a Moringa como con buena capacidad de producir cantidades altas de biomasa a densidades desde 100 mil hasta 1 millón de plantas/ha.

En el estudio de Toral (2007), se llevaron a poda cada 6 meses, para diferentes especies arbóreas y arbustivas forrajeras para tratar de observar si influían las épocas del año (período lluvioso vs. período seco) en la producción de biomasa. Los resultados fueron que en la época lluviosa se produjo mayor cantidad de biomasa sobre los otros factores, cabe destacar que uno de los indicadores más relacionados con el comportamiento agroproductivo de las plantas es el rendimiento de biomasa comestible, el cual está vinculado con las condiciones ambientales y con el manejo (poda o corte). Así, los cambios que se produzcan en este sentido pueden modificar de manera sensible la producción de materia seca.

Zeng (2001), hizo un estudio con cinco especies de árboles chinos subtropicales (*Ficus microcarpa*, *Ficus virens*, *Cinnamomum camphora*, *Pinus massoniana* y *Koelreuteria bipinnata*) en los cuales aplicó diferentes intensidades de poda (0%, 20%, 50%, y 70%) en un experimento que duró tres años. En sus resultados encontró que a mayor intensidad de poda hubo una mayor cosecha en la primera poda, pero que no necesariamente llevó a mayor cosecha de biomasa en la

segunda y tercera poda. La poda consistió en remover las ramas y hojas de la parte inferior del árbol, dejando la corona intacta para su crecimiento. La poda se recomienda hacer removiendo las hojas de las ramas más que removiendo las ramas, lo que causa la pérdida de meristemas de los cuales se pueden producir nuevas hojas y ramas. Los resultados en general mostraron que entre las diferentes variedades se fueron reduciendo la producción de brotes nuevos sin un claro patrón de respuesta a la intensidad de las podas (primera a segunda poda, segunda a tercera poda, etc.), dado principalmente a que el tiempo entre podas no era el suficiente para que los árboles se recuperaran (lo cual redujo la capacidad fotosintetizadora del árbol), sin embargo se pudo observar que con las podas más severas (70%) se reducía demasiado la capacidad de regeneración y por ende la producción de biomasa. La intensidad de poda óptima fue considerablemente menor, lo que estuvo entre el 20 y 50% (Zeng, 2001).

En cuanto al manejo tradicional de podas en la Moringa, para la producción de biomasa, la cosecha se puede hacer en cualquier momento una vez que los árboles ya se hayan establecido. En producción intensiva, las plantas se podan a 15-50 cm por encima del suelo y hacer hasta 9 veces al año. Otros métodos de cosecha de hojas incluyen: poda de ramas seleccionadas (dejando algunas ramas para la siguiente cosecha o producción de semillas); cortar a la mitad cada rama; y recolectar unas cuantas hojas de cada rama (Doerr y Cameron, 2005).

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo General:

Evaluar la producción de biomasa y el crecimiento de *Moringa oleifera* bajo diferentes intensidades de poda y dos condiciones ambientales.

3.2 Objetivos Específicos:

- Evaluar crecimiento en altura, diámetro del tallo, número de ramas y cuatro diferentes intensidades de poda sobre la producción de biomasa en Moringa bajo condición ambiental de invernadero con clima Caliente - Húmedo.
- Evaluar crecimiento en altura, diámetro del tallo, número de ramas y cuatro diferentes intensidades de poda sobre la producción de biomasa en Moringa bajo condición ambiental de invernadero con clima Caliente - Seco.

3.3 Hipótesis:

La intensidad de poda y las condiciones climáticas condicionan la producción de biomasa de Moringa. A mayor poda así como a mayor temperatura y humedad relativa se produce mayor biomasa.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Localización del área de estudio: El presente trabajo se llevo a cabo en el Campus Amazcala, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, en el municipio de El Marqués, Querétaro. Se localiza en el sureste del estado y con ubicación entre los 20° 31' y 20° 58' latitud Norte y entre 100° 09' y 100° 24' longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1850 m. Colindando al Norte con el estado de Guanajuato, al Sur con los municipios de Huimilpan y Pedro Escobedo, al Este con el municipio de Colón y al Oeste con el municipio de Querétaro. El clima es predominantemente subtropical, templado semiseco (INEGI, 2005).

Se trabajó en dos invernaderos, el IE-6 (Figura 4.1a) de 400m² en donde se encuentran 12 estanques de peces (Figura 4.1b) con un volumen unitario de agua de 20 m³ (clima cálido-húmedo) y el otro en el invernadero IE-3 (Figura 4.2a) de 108 m² sin estanques (Figura 4.2b).

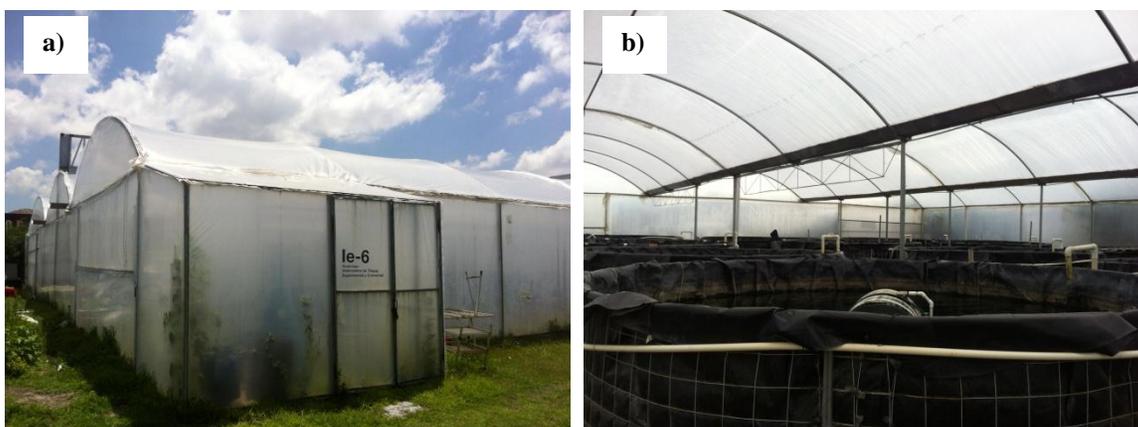


Figura 4.1. Fotos de invernadero Caliente - Húmedo

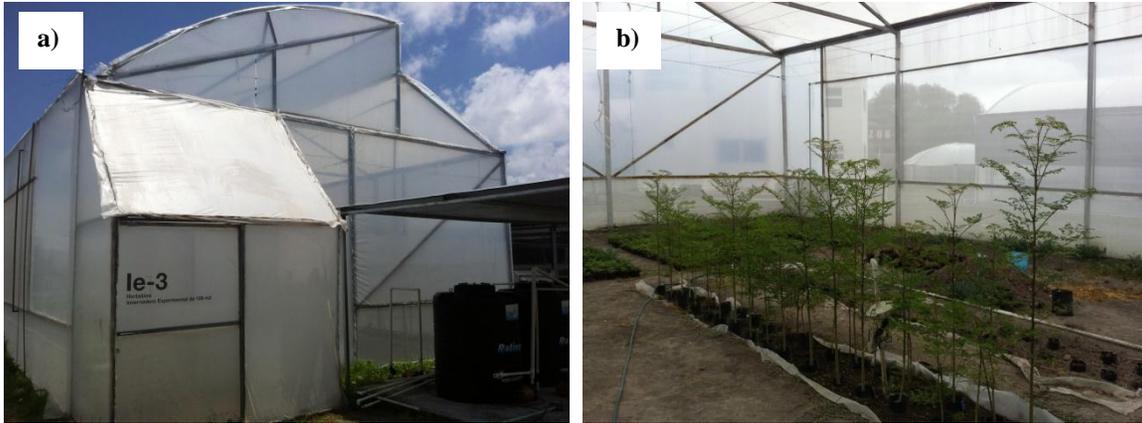


Figura 4.2. Fotos de invernadero Caliente - Seco

Las plantas fueron proporcionadas por la Sociedad Cooperativa de Producción de Bienes y Servicios Kurate, productores de esta especie en San Miguel de Allende, Guanajuato. Tenían una edad aproximada de 5 meses con una altura de 50 cm (Figura 4.3). Se trasplantaron en surcos de 1 m de ancho por 6 m de largo a una densidad de 6 plantas por m^2 , utilizando como sustrato una mezcla de 20% de tierra negra (propia de Amazcala), 20% lombricomposta, 20% tezontle y 40% arena, humedecidas a capacidad de campo.



Figura 4.3. Árboles de Moringa con una altura aproximada de 50 cm y 5 meses.

4.2. Producción de biomasa: Se evaluarán cuatro diferentes intensidades de poda sobre la producción de biomasa total en Moringa bajo dos condiciones ambientales.

- ▶ **Riego:** los surcos en los que están con el sustrato preparado son humedecidos a capacidad de campo tres veces por semana.
- ▶ **Nutrición:** La nutrición se llevará a cabo con la aplicación de lombricomposta (incorporada al sustrato) así como con aplicaciones de *Trichoderma harzianum*.
- ▶ **Manejo de plagas y enfermedades:** El manejo de plagas y enfermedades que se presentaron durante el ciclo del experimento fue:

Cuadro 4.1. Manejo de plagas y enfermedades.

Plaga o enfermedad	Invernadero	Manejo
Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>).	Caliente - Seco	Se hizo un manejo con los siguientes productos: aplicaciones foliares de cal micronizada a una dosis de 50 gr/lit por las mañanas cada tercer día. Biocrack (repelente) a una dosis de 4ml/lit de agua de manera foliar cada 4 días.
Hormigas (<i>Formicidae sp.</i>)	Caliente - Húmedo	Para la presencia de esta plaga se hizo una aplicación a la franja de los árboles con el producto Sevin en dosis de 10gr/lit con una sola aplicación.
Pulgón (<i>Bactericera</i>)		En una prueba independiente al experimento para el control del pulgón se aplicó detergente en polvo con el

<i>cockerelli</i>)		cual se observó en el árbol una defoliación, quemaduras de las hojas y tallo. Después de 7 días se aplicaron los productos activadores Q2000, QCian, NutriQ y FungiQ, a una dosis de 4ml/lit cada 5 días los cuales recuperaron las plantas de manera normal a los 40 días.
Enfermedades de suelo	Ambos invernaderos	Como control biológico preventivo y bio-fertilizante, se utilizó <i>Trichoderma harzianum</i> en dosis de 4gr/lit, aplicados al sustrato y base del tallo por la mañana cada 5 días.

4.2.1. Diseño experimental:

Para esta segunda etapa de establecimiento y podas, se asumió que las condiciones ambientales son homogéneas entre los árboles por invernadero, por lo que los tratamientos se arreglaron en un diseño completamente al azar (DCA).

Se sembró a una densidad de 6 plantas por m² en un sustrato de 20% mezcla de tierra (propia de Amazcala), 20% lombricomposta, 20% tezontle y 40% arena, humedecidas a capacidad de campo.

En cuanto al diseño del experimento, el total de los 24 árboles utilizados obedecen a las siguientes particularidades:

- ▶ Unidad experimental: 1 planta.
- ▶ Niveles: 4 niveles en dos arreglos (intensidad de poda y tipo de clima), dando un total de 8 tratamientos.

- ▶ Repeticiones: 3 repeticiones por tratamiento.
- ▶ Tamaño de muestreo: el total de la unidad experimental.

Los tratamientos que se aplicarán a los árboles corresponden a cuatro niveles de la intensidad de poda en condición tanto Caliente - Húmedo como Caliente - Seco. Éstos se iniciarán ya que los árboles alcancen un mínimo de 50 cm de altura. Las podas se harán con un periodo de 4 semanas entre estas.

Cuadro 4.2. Tratamientos de niveles de podas y condición de invernadero.

Tratamiento	Nivel de poda
Tratamiento 1: (Control)	Poda al 0% en Caliente - Húmedo
Tratamiento 2	Poda al 20% en Caliente – Húmedo
Tratamiento 3	Poda al 50% en Caliente - Húmedo
Tratamiento 4	Poda al 70% en Caliente - Húmedo
Tratamiento 5: (Control)	Poda al 0% en Caliente - Seco
Tratamiento 6	Poda al 20% en Caliente - Seco
Tratamiento 7	Poda al 50% en Caliente - Seco
Tratamiento 8	Poda al 70% en Caliente - Seco

- ▶ **Arreglo experimental.**

Para asegurar el arreglo completamente al azar del experimento y que las condiciones en las que se desarrollan las plantas son las mismas entre tratamientos se hizo un arreglo experimental como se indica en la Figura 4.4.

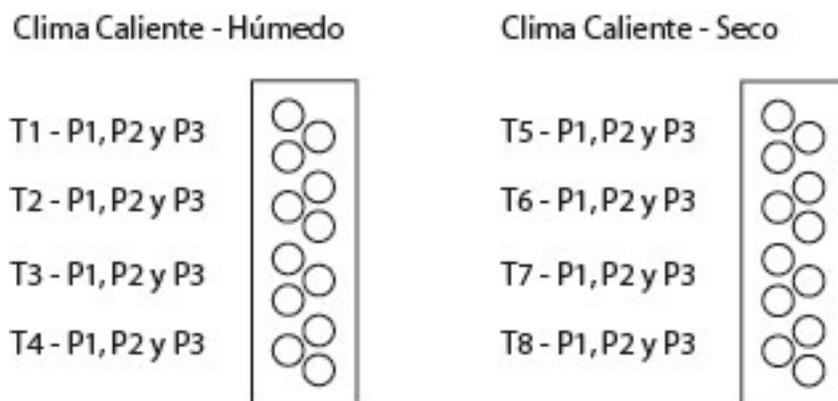


Figura 4.4. Arreglo experimental de Moringa en ambos invernaderos.

► 4.2.2. Medición de variables:

Las variables a evaluar son:

- Altura de la planta: medido (en cm) desde la base de la planta a su ápice.
- Diámetro del tallo: medido en mm a 3 cm de la base del tallo de la planta.
- Número de ramas: Se consideraron como ramas a todos aquellos brotes que tenían más de una hoja compuesta y que estaban bien diferenciadas (Figura 2.1).
- Porcentaje de materia seca: Es la proporción que hay entre el peso seco y el peso fresco de la hoja.
- Materia fresca y seca acumulada: Es la suma de valores acumulados por cada poda y que comprende:
 - Peso fresco de la hoja: Es el peso (en gr) que se hace con una hoja recién cortada y antes de empezar a deshidratarse.
 - Peso seco de la hoja: Es el peso (en gr) que se hace de una hoja que ya se ha deshidratado en horno a un máximo de 80°C, hasta peso constante.
- Porcentaje de cenizas. Determinación de la proporción de compuestos inorgánicos que presenta la planta por medio de la calcinación de las muestras y calculado por la fórmula:

$$\% \text{ de Cenizas en base seca} = \frac{\text{Peso de las cenizas (gr)} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

- Porcentaje de materia orgánica. Es la parte de la muestra que se calcina para obtener las cenizas, y fue calculado por la fórmula:

$$\% \text{ de Materia orgánica} = 100 - \% \text{ de Cenizas en base seca}$$

Las mediciones de crecimiento se hicieron cada 15 días (Figura 4.5). Para altura se utilizó un flexómetro marca Stanley (Figura 4.6a) y para el diámetro de tallo, un vernier digital marca Mitutoyo 500 197-20 (Figura 4.6b).

Las mediciones de rendimiento de la poda se hicieron cada 30 días utilizando tijeras de poda marca Truper (Figura 4.6c), bolsas de papel no. 2 (Figura 4.6d), un horno de deshidratación marca Memmert 100-800 (Figura 4.7b), y una balanza analítica marca Sartorius AY303 (Figura 4.7a).

Para las mediciones de temperatura y humedad se utilizaron dos data loggers marca Watchdog modelo 450 (Figura 4.8), en el cual se registraron los datos cada media hora por el lapso de cuatro meses (Agosto a Noviembre de 2013).



Figura 4.5. Mediciones de crecimiento.



Figura 4.6. Material utilizado para poda y mediciones

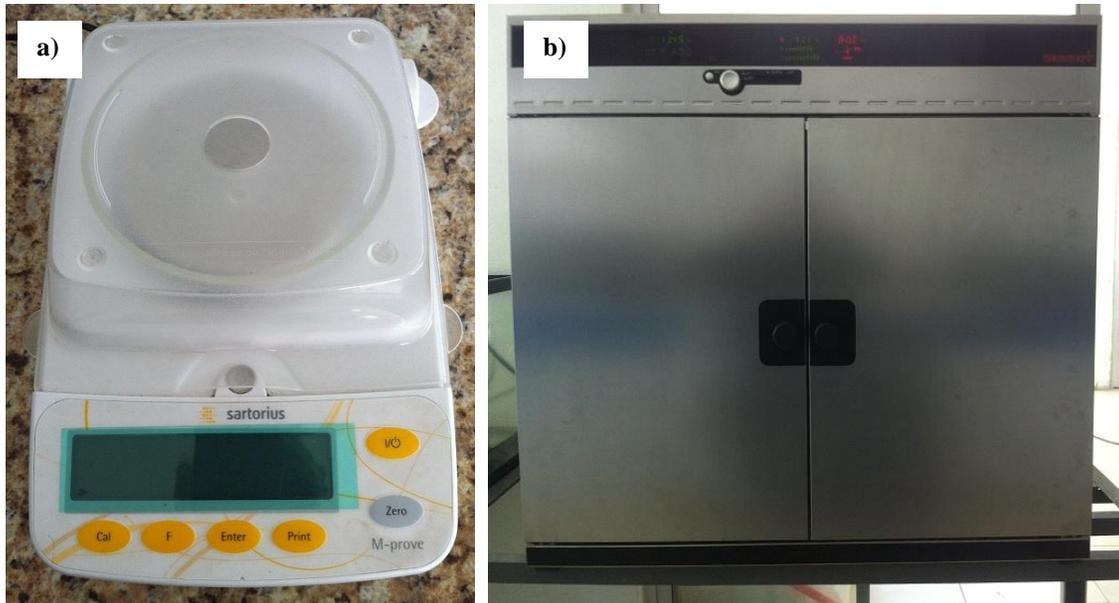


Figura 4.7. Material utilizado para medir materia seca y rendimiento de poda.



Figura 4.8. Data logger utilizados para medir temperatura y humedad

► 4.3. Análisis Estadístico:

Los resultados se analizaron por medio del paquete Statgraphics Centurion XV versión 15.2.06. Se realizó un análisis de varianza con error estándar (ANOVA) y Kruskal-Wallis como análisis no paramétrico (dado el número de muestras) para mostrar si hay un efecto estadísticamente significativo por efecto de la intensidad de poda y las condiciones ambientales. Para determinar el efecto de las condiciones ambientales se hizo un análisis multivariado de factores. Esto se hizo con una significancia estadística del 95%.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Descripción de las condiciones ambientales Caliente - Húmedo y Caliente - Seco.

En la Figura 5.1 y 5.2 se describen la temperatura y humedad relativa de los tratamientos en los invernaderos Caliente - Húmedo y Caliente - Seco, obteniéndose temperaturas máximas promedio de 38.7 y 33.3°C y mínimas de 16.6 y 12.5°C respectivamente. Es así que hubo una variación media de temperatura de 4.7°C entre Caliente - Húmedo y Caliente - Seco (Figura 5.1) mientras que en humedad relativa (Figura 5.2) las máximas promedio fueron de 78.4 y 27.2°C y mínimas de 50.2 y 20.9°C respectivamente con una variación media entre éstos de 40.3% de H.R. La diferencia de temperaturas mínimas se puede explicar debido a que la humedad ayuda a amortiguar los cambios, absorbiendo energía en el día y liberándola por la noche (Molina y Valera, 2003).

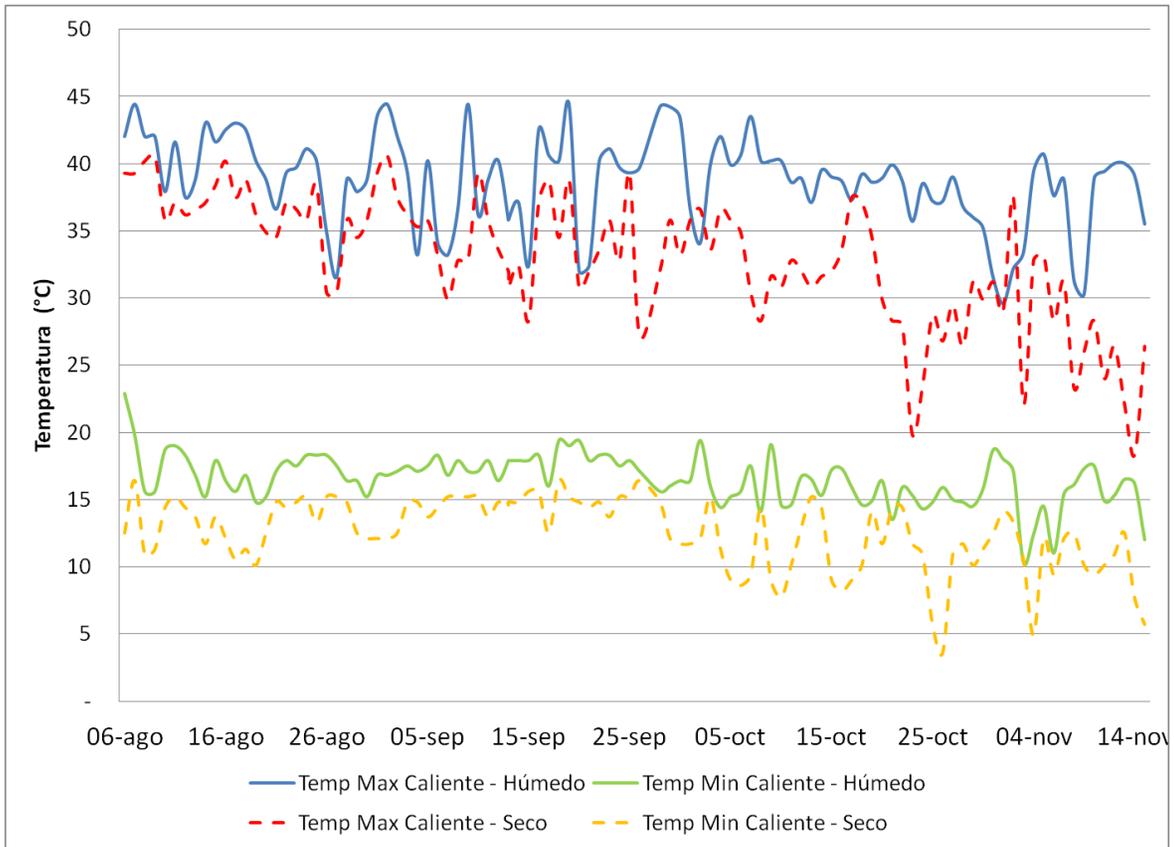


Figura 5.1. Temperaturas máximas y mínimas de invernaderos Caliente - Húmedo y Caliente - Seco.

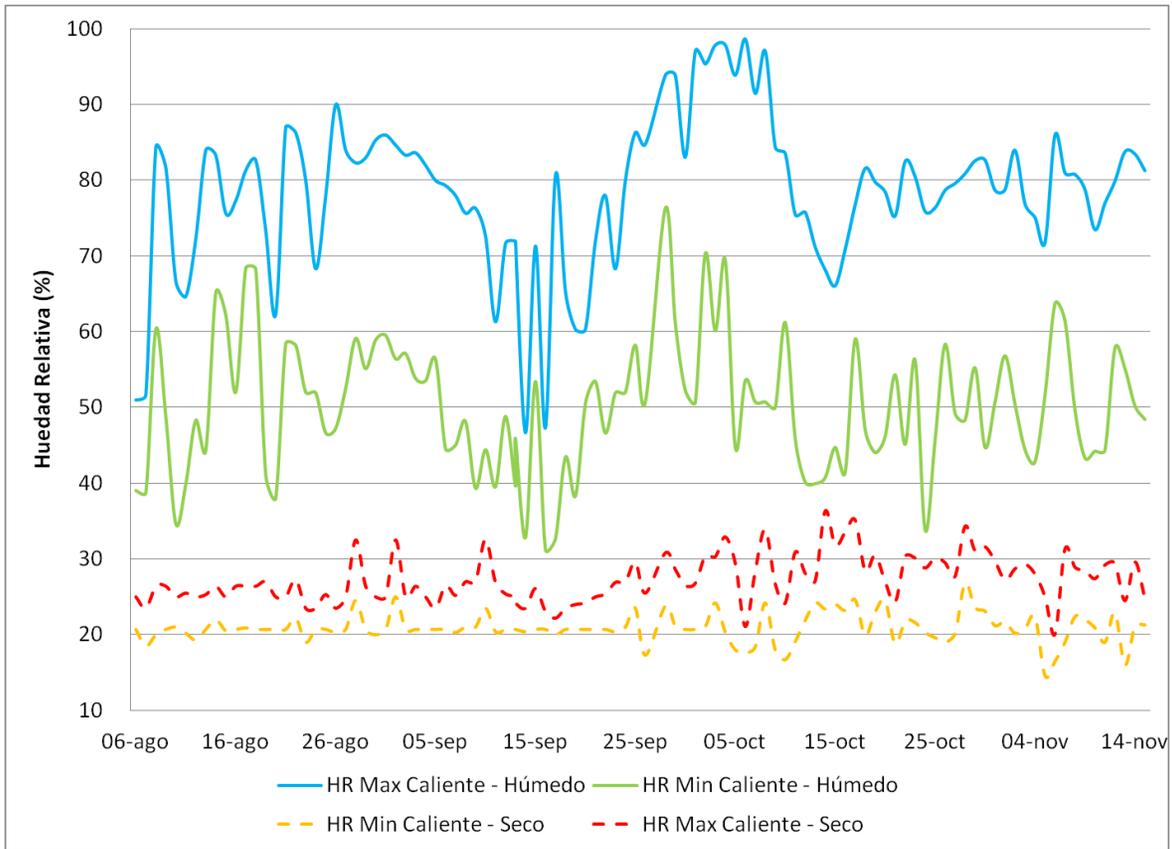


Figura 5.2. Humedad Relativa máxima y mínima de invernaderos Caliente - Húmedo y Caliente - Seco.

5.2. Análisis de factores.

Para conocer el efecto de los tratamientos sobre el experimento se hizo un análisis multivariado de factores. Considerando el porcentaje de humedad relativa, temperatura, porcentaje de podas, materia fresca acumulada, materia seca acumulada y porcentaje de materia seca (Tabla 5.1). El resultado arrojado fue que el factor humedad relativa explica el 41.5% de la variación en los datos, seguido de la temperatura con 39.3%, los cuales en forma conjunta explican el 80.8% de la variación en los tratamientos. Esto concuerda con lo que observamos en las diferentes fases del experimento que hicimos.

Cuadro 5.1. Análisis de los factores porcentaje de humedad relativa, temperatura, porcentaje de podas, materia fresca acumulada, materia seca acumulada y porcentaje de materia seca.

Factor Número	Variable	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulado
1	% Humedad Relativa	2.49089	41.515	41.515
2	Temperatura	2.35534	39.256	80.770
3	Acumulado Materia Fresca	0.700557	11.676	92.446
4	Acumulado Materia Seca	0.217655	3.628	96.074
5	Podas	0.174947	2.916	98.990
6	% Materia Seca	0.0606116	1.010	100.000

5.3. Evaluación de altura, diámetro del tallo y número de ramas.

En los resultados de crecimiento para la variable de altura de la planta se encontró una altura final promedio de 224.82 ± 9.26 cm en el invernadero Caliente - Húmedo (todos los niveles de podas) y de 172.10 ± 7.79 cm para el Caliente – Seco (todos los niveles de podas). Lo que significó un aumento mensual de 93.1% y de 63.2% respectivamente. En la Figura 5.3 se observa que hubo diferencia significativa entre los tratamientos Caliente - Húmedo y Caliente - Seco y no así entre cada nivel de poda (dentro del mismo invernadero). Lo anterior concuerda con los estudios tanto de Muhl (2011), como de Doerr y Cameron (2005), en los que los climas con mayor temperatura son los que tienen mejor comportamiento de crecimiento. Bañon (2006) en un estudio similar concluye que las plantas sometidas a temperaturas más altas tienen mayor área foliar, aumentando la cantidad de estomas por planta y resultando en un incremento del crecimiento vegetativo así como de acumulación de materia seca. La variable humedad no había sido analizada antes, por lo que no hay respaldo de estudios sobre la materia, pero concuerda con los climas de origen tropical.

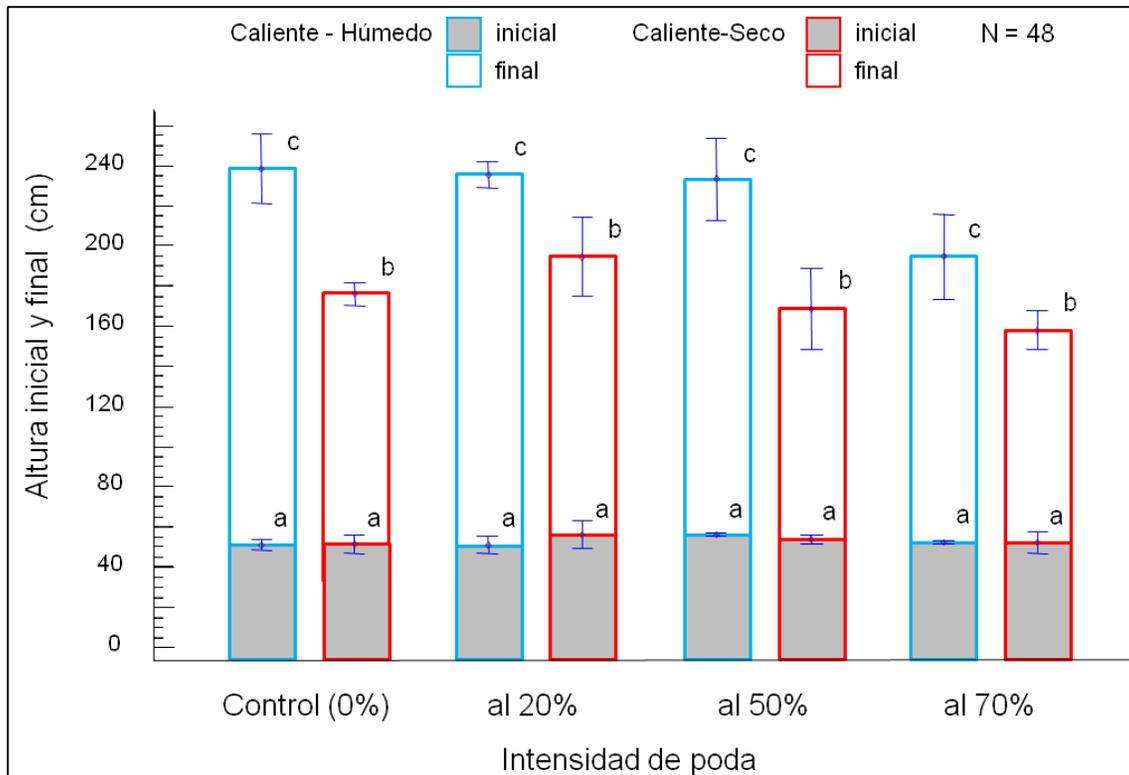


Figura 5.3. Comparación entre intensidades de poda y dos tipos de ambiente para el crecimiento en altura del árbol. Las diferencias estadísticamente significativas se muestran con diferentes letras junto al error estándar mostrado por el bigote con $P < 0.05$, obtenido mediante un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

En cuanto a la variable diámetro del tallo (Figura 5.4) salvo en los controles no se observó diferencia significativa para los tratamientos debido a las condiciones Caliente - Húmedo y Caliente - Seco así como tampoco dentro de cada nivel de poda. Estos resultados los podríamos atribuir al crecimiento normal de la especie, más que a la condición climática para el tiempo estudiado.

2010) y al hacer esto, sólo se reduce el área foliar y fotosintética del árbol, limitando su desarrollo.

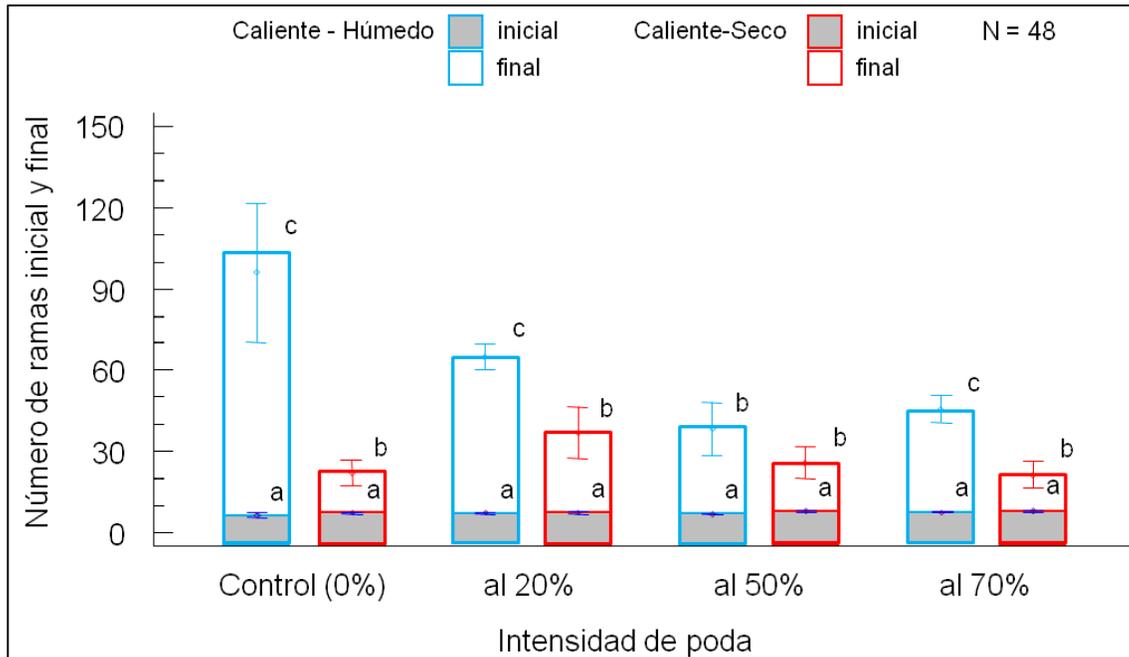


Figura 5.5. Comparación entre intensidades de poda y dos tipos de ambiente para el crecimiento en número de ramas. Las diferencias estadísticamente significativas se muestran con diferentes letras junto al error estándar mostrado por el bigote con $P < 0.05$, obtenido mediante un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

5.4. Evaluación de la producción de biomasa.

Para la producción de biomasa se consideraron el acumulado en materia fresca (M. F.) y materia seca (M. S.), el porcentaje de materia fresca, porcentaje de cenizas y porcentaje de materia orgánica. Los resultados tanto en el acumulado de materia fresca (Figura 5.6) como en materia seca (Figura 5.7) reflejan que el control en clima Caliente – Húmedo fueron mayores significativamente en comparación al resto de los tratamientos (entre los cuales no hay diferencia significativa). Los resultados, así como en la evaluación del número de ramas, fueron afectados por una dominancia apical que inhibió el efecto de las podas tal

como lo señala Taiz y Zeiger, (2010) y que junto a una baja relación hoja-tallo (para los tratamientos con poda) limitaron el área fotosintéticamente activa de la planta, lo que se mostró como un menor crecimiento y desarrollo para un árbol que no estaba en una etapa productiva sino vegetativa. Resultados similares se obtuvieron en los estudios tanto de Xavier y Carvalho (1996) como de Nouman *et. al.* (2013) donde no se encontró efecto significativo en cuanto a la altura de la poda y el rendimiento en materia seca (en plantas de hasta 50 cm de altura). Así mismo Nouman (2013) menciona que encontró un rendimiento mayor en biomasa fresca para la temporada cálida y lluviosa lo que le deja claro sobre una correlación entre estos factores.

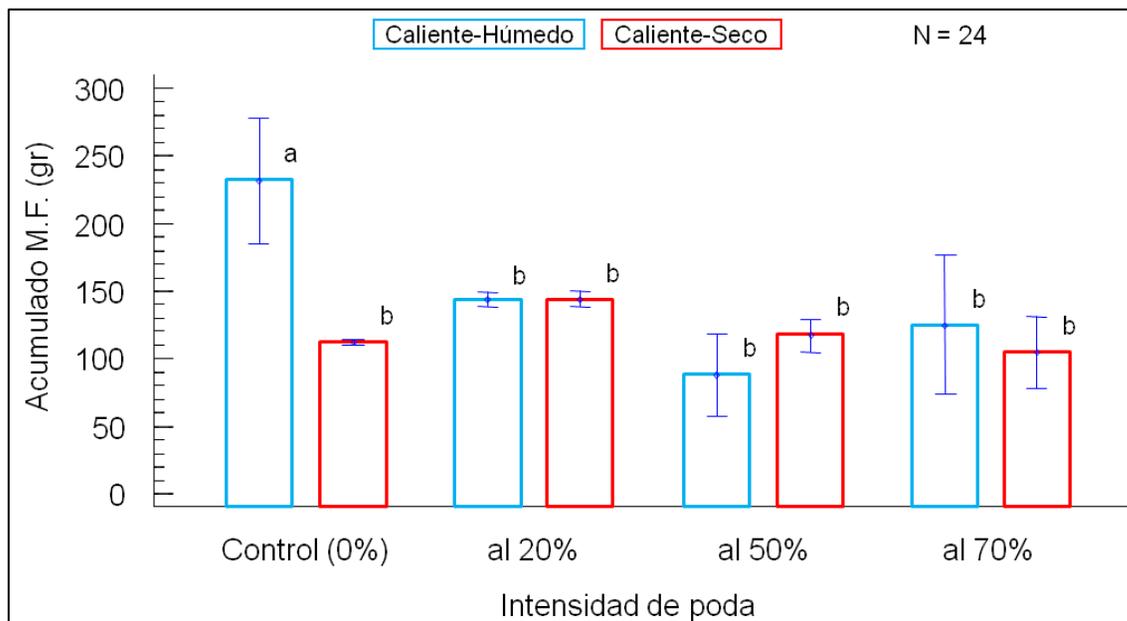


Figura 5.6. Peso acumulado de Materia Fresca. Las diferencias estadísticamente significativas se muestran con diferentes letras junto al error estándar mostrado por el bigote con $P < 0.05$, obtenido mediante un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

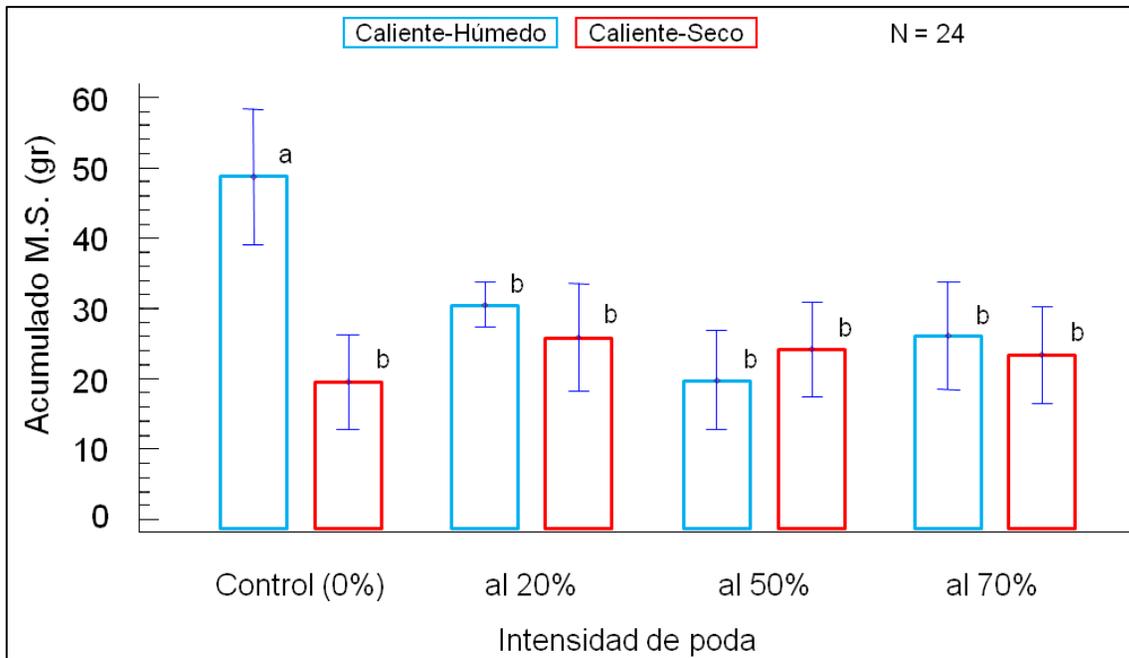


Figura 5.7. Peso acumulado de Materia Seca. Las diferencias estadísticamente significativas se muestran con diferentes letras junto al error estándar mostrado por el bigote con $P < 0.05$, obtenido mediante un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

Al tomarse en cuenta el porcentaje de materia seca obtenida (Figura 5.8) se observó una diferencia significativa entre los tratamientos presentes en el invernadero Caliente - Húmedo sobre los del invernadero Caliente - Seco. En ambos casos se mostró que no hay diferencia significativa entre los niveles de poda presentes dentro de cada invernadero. Los resultados muestran que las hojas obtenidas en el invernadero Caliente - Húmedo absorbieron más humedad presente en el ambiente que los del Caliente - Seco. Posteriormente se obtuvo el porcentaje de cenizas, y con éste se pudo determinar el porcentaje de materia orgánica (Figura 5.9). Se puede observar que los tratamientos en el invernadero Caliente - Húmedo tuvieron significativamente menor porcentaje de materia orgánica (1.75%) sobre los tratamientos del invernadero Caliente - Seco, pero no comparativamente entre los niveles de poda dentro de los mismos invernaderos. De acuerdo a Van Soest (1981) las condiciones tropicales fomentan en las plantas la lignificación y un nivel más alto de cenizas.

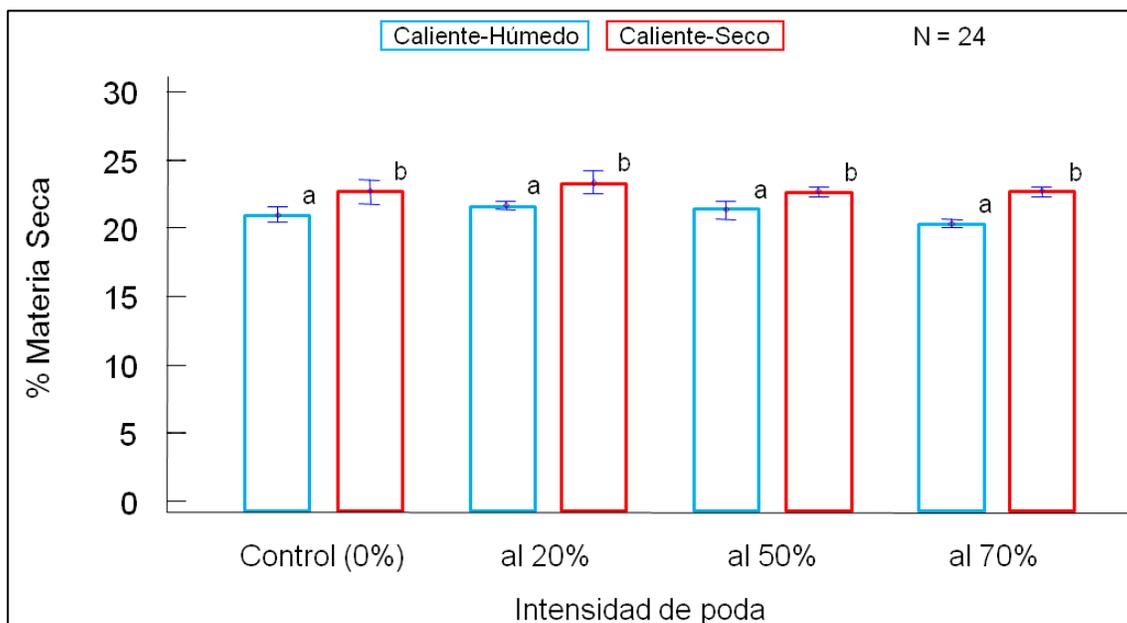


Figura 5.8. Porcentaje de Materia Seca. Las diferencias estadísticamente significativas se muestran con diferentes letras junto al error estándar mostrado por el bigote con $P < 0.05$, obtenido mediante un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

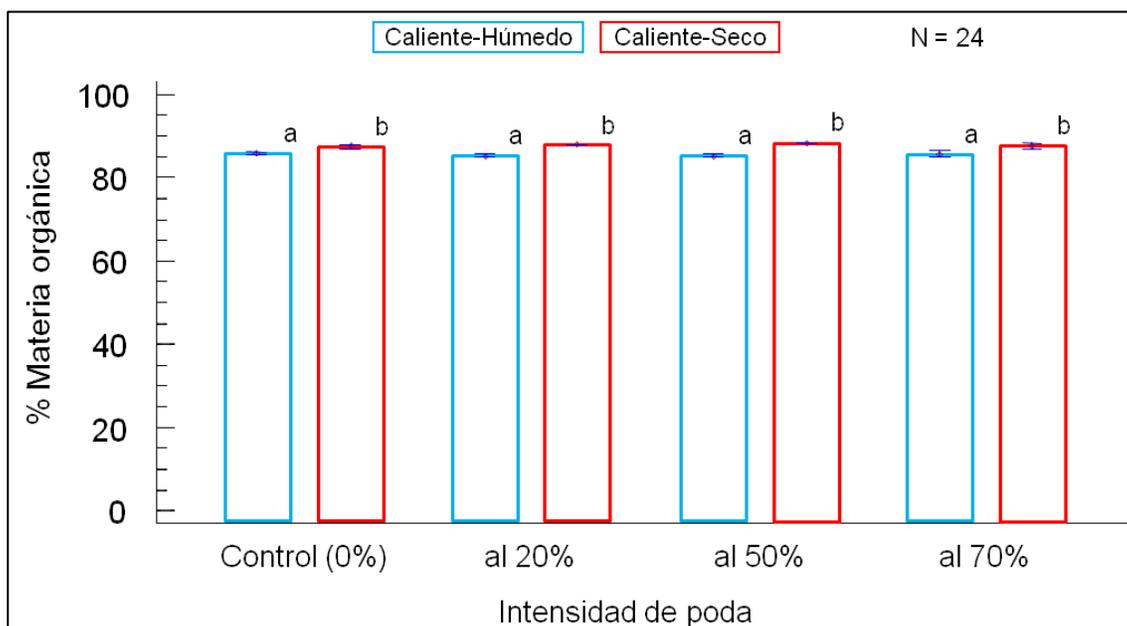


Figura 5.9. Porcentaje materia orgánica. Las diferencias estadísticamente significativas se muestran con diferentes letras junto al error estándar mostrado por el bigote con $P < 0.05$, obtenido mediante un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

VI. CONCLUSIONES

La condición cálida húmeda y sin podas influyó la producción de biomasa de forma favorable. Los resultados prueban que las condiciones del clima cálido húmedo fueron mejores para el crecimiento de Moringa, lo cual se vio reflejado principalmente en la altura y número de ramas.

Por efecto de la intensidad de podas sobre la producción de biomasa, el no haber tenido plantas decapitadas y en estado productivo, limitaron la producción de ésta, mostrando no haber diferencias ente los niveles de podas en ambas condiciones climáticas.

VI. RECOMENDACIONES

Las siguientes son recomendaciones generales para dar seguimiento y mejorar las condiciones en las que estuvo el experimento del presente trabajo:

- Evaluar la factibilidad de cultivar fuera de ambiente protegido en los lugares que tienen de forma natural las condiciones climáticas idóneas.
- Realizar un experimento de seguimiento y comparación con las mismas condiciones, pero con plantas con mayor desarrollo (mínimo 1.5 m ó 10 meses de edad) y decapitadas.
- Hacer la evaluación tanto del crecimiento como de producción de biomasa por un lapso de tiempo mayor, preferiblemente un año.

VIII. LITERATURA CITADA

- Adebayo, A. H. Akintoye, A. Olufolaji, O. Aina, M. Olatunji y A. Shokalu (2011). Assessment of Organic Amendments on Vegetative Development and Nutrient Uptake of *Moringa oleifera* Lam in the Nursery. Asian Journal of Plant Sciences. Vol. 10 (1) pp. 74-79
- Anwar, F. A. Siddiq, S. Iqbal y M. Rafique. (2007). Stabilization of sunflower oil with *Moringa oleifera* leaves under ambient storage. En: Olson, M. y J. Fahey. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). Revista Mexicana de Biodiversidad 82(4): 1071-1082.
- Avendaño, J. F. Fernández. C. Ovalle y F. Blu. (2004). Ovinos Alimentados con Raciones que Incluyen Tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* subsp. palmensis) en Reemplazo de Heno de Alfalfa. II. Digestibilidad y Consumo de Nutrientes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Agric. Téc. v.64 n.3 Chillán jul. 2004
- Ball, D.M., M. Collins, G.D. Lacefield, N.P. Martin, D.A. Mertens, K.E. Olson, D.H. Putnam, D.J. Undersander, and M.W. Wolf. (2001). Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL.
- Bañon, S., J. Ochoa, J. Franco, J. Alarcón y M. Sánchez-Blanco, (2006). Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. En: Muhl, Q., E. Du Toit y P. Robbertse, (2011). *Moringa oleifera* (horseradish tree) leaf adaptation to temperature. regimes Int. J. Agric. Biol., 13: 1021–1024
- Bonal, R. R. Rivera y M. Bolívar. (2012). *Moringa oleifera*: una opción saludable para el bienestar. MEDISAN vol.16 no.10 Santiago de Cuba
- Camacho M. (1994). Dormición de semillas: causas y tratamientos. En: Rodríguez F. (2009). Propagación de Plántula de Especies Arbustivas Nativas de Zonas Semiáridas en Invernadero. Tesis para la obtención de grado de Especialidad de Ingeniería en Invernaderos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
- Casanova, F. L. Ramírez-Avilés y F. Solorio-Sánchez (2010) Efecto del intervalo de poda sobre la biomasa foliar y radical en árboles forrajeros en monocultivo y asociados. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 12, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 657-665, Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Comisión Técnica de Fitomed. 2010. Paraíso francés. En: Pérez, A., T. Sánchez, N. Armengol y F. Reyes. (2010a). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes v.33 n.4 Matanzas, Cuba.
- Doerr, B. y L. Cameron. (2005). Polvo de hojas de Marango. Nota Técnica ECHO. [Consultado 3 de junio de 2013] <<http://www.echocommunity.org/resource/collection/96A1B5DF-DAD3-4D80-B3BC-FAF7F6A0414E/MoringaLeafPowderSpanish.pdf>>.

- Duke, J. (1983). *Moringa oleifera* Lam. Handbook of Energy Crops. Center for New Crops & Plants Products. Purdue University. [Consultado 28 de mayo de 2013]
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Moringa_oleifera.html>.
- Falasca, S. y M. Bernabé. (2008). Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. En: Pérez, A., T. Sánchez, N. Armengol y F. Reyes. (2010a). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes v.33 n.4 Matanzas, Cuba.
- FAO. (2012). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: Resumen 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. [Consultado 19 de junio de 2013]
<<http://www.fao.org/docrep/016/i2845s/i2845s00.pdf>>.
- FAO-OMS. (2005). Normas alimentarias FAO/OMS. En: Pérez, Arístides. Sánchez, Tania. Armengol, Nayda y Reyes, F. (2010a). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes v.33 n.4 Matanzas, Cuba.
- García, D. M. Medina, C. Domínguez, A. Baldizán, J. Humbría y L. Cova. (2006). Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical. 24 (4):401
- Goss, M. (2012). A study of the initial establishment of multi - purpose Moringa (*Moringa oleifera* Lam) at various plant densities, their effect on biomass accumulation and leaf yield when grown as vegetable. African Journal of Plant Science Vol. 6(3), pp. 125-129.
- Gutiérrez J., J. Rivera, T. Shamah, S. Villalpando, A. Franco, L. Cuevas, M. Romero, M. Hernández. (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX).
- Haines, H. (1922). Botany of Bihar and Orissa. Part III. En: Olson, M. E. y Fahey, J. W. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). Revista Mexicana de Biodiversidad 82(4): 1071-1082.
- INEGI, (2005). Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica. Aspectos geográficos de Querétaro de Arteaga.
- Jyothi, P., J. Atluri, y C. Subba. (1990). Pollination ecology of *Moringa oleifera* (Moringaceae). En: Pérez, A., T. Sánchez, N. Armengol y F. Reyes. (2010a). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes v.33 n.4 Matanzas, Cuba.
- Kitamura Y, M. Samejima y J. Abe (1981) Vegetative regrowth, nodule development and nitrogen fixation of a tropical legume after harvest. Japan Soc Grass Sci 27: 227–284.
- Martínez, M. (1959). Plantas útiles de la flora mexicana. En: Olson, M. y J. Fahey. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). Revista Mexicana de Biodiversidad 82(4): 1071-1082.

- Medina, G., D. García, T. Clavero y J. Iglesias. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, Vol. 25, No. 2, pp.83-93.
- Mehta, L., R. Balaraman, A. Amin, P. Bafna y O. Gulati. (2003). Effects of fruits of *Moringa oleifera* on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. En: Olson, M. y J. Fahey. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1071-1082.
- Molina F. y D. Valera. (2003). El aire húmedo en los invernaderos. *Control Climático de Invernaderos*: 241-261. Universidad de Almería, España.
- Morton, J. (1991). The horseradish tree, *Moringa pterigosperma*. En, A., T. Sánchez, N. Armengol y F. Reyes. (2010a). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* v.33 n.4 Matanzas, Cuba.
- Muhl, Q. (2009). Seed germination, tree growth and flowering responses of *Moringa oleifera* Lam. (Horseradish tree) to temperature. Thesis to obtain the degree of M.Sc. Horticulture. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria. Pretoria, South Africa.
- Muhl, Q., E. Du Toit y P. Robbertse, (2011). *Moringa oleifera* (horseradish tree) leaf adaptation to temperature. regimes *Int. J. Agric. Biol.*, 13: 1021–1024
- Ndong, M., M. Uehara, S. Katasumata y K. Suzuki. (2007) Effects of oral administration of *Moringa oleifera* Lam on glucose tolerance in Goto-Kakizaki and Wistar rats. En: Olson, M. y J. Fahey. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1071-1082.
- Nouman, W., Siddiqui, m. T., Basra, S. M. A., Farooq, H., Zubair, M., & Gull, T. (2013). Biomass production and nutritional quality of *Moringa oleifera* as field crop. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37.
- Olson, M. (2010). Moringaceae: Drumstick Family. Pp. 167-169 in *Flora of North America* Editorial Committee, eds. 1993+. *Flora of North America North of Mexico*. 15+ vols. New York and Oxford. Vol. 7.
- Olson, M. y J. Fahey. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1071-1082.
- Pérez R., A., J. de la Cruz, E. Vázquez, J. Obregón. (2010b). Fundación Produce Sinaloa A.C. *Moringa oleifera*, una alternativa forrajera para Sinaloa. [Consultado 19 de junio de 2013] <<http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/876/Moringa%20oleifera,%20una%20nueva%20alternativa%20forrajera%20para%20Sinaloa.pdf>>.
- Pérez, A., T. Sánchez, N. Armengol y F. Reyes. (2010a). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* v.33 n.4 Matanzas, Cuba.

- Radek, M. y G. Savage. (2008). Oxalates in some Indian green leafy vegetables. En: Olson, M. y J. Fahey. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). Revista Mexicana de Biodiversidad 82(4): 1071-1082.
- Reyes, N. (2006). *Moringa oleifera* and *Crataylia artemea*. Potencial Fodder Species for ruminants in Nicaragua. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Department of Animal Nutrition and Management. Uppsala, Sweden.
- Salerno AR, y N. Seiffert (1990) Cultivars of *Leucaena* tested in Santa Catarina. Agropecuaria-Catarinense 3: 16–18.
- Sanabria, D., R. Silva-Acuña, M. Oliveros y R. Barrios. (2001). Escarificación Química y Térmica en Semillas Subterráneas de *Cenrocema Rotundifolium*. En: Rodríguez F. (2009). Propagación de Plántula de Especies Arbustivas Nativas de Zonas Semiáridas en Invernadero. Tesis para la obtención de grado de Especialidad de Ingeniería en Invernaderos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
- Siddhuraju, P. y K. Becker. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(8), 2144-2155.
- Singh, B. N., B. R. Singh, R. L. Singh, D. Prakash, R. Dhakarey, G. Upadhyay y H. B. Singh. (2009). Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. En: Olson, M. y J. Fahey. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas (*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics). Revista Mexicana de Biodiversidad 82(4): 1071-1082.
- Taiz, L. y E. Zeiger. (2010). Plant Physiology. Taiz, L. y E. Zeiger. (2010). Plant Physiology. Sinauer, USA (5ª Edición en inglés): 574.
- Terrones, T., C. González y S. Ríos. (2006). Arbustivas Nativas de Uso Múltiple en Guanajuato. En: Rodríguez F. (2009). Propagación de Plántula de Especies Arbustivas Nativas de Zonas Semiáridas en Invernadero. Tesis para la obtención de grado de Especialidad de Ingeniería en Invernaderos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
- Toral, O. y J. Iglesias. (2007). Efecto de la poda en el rendimiento de biomasa de 20 accesiones de especies arbóreas. Pastos y Forrajes, vol. 30, núm. 3, julio-septiembre, 2007, pp. 341-355, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Cuba.
- Toral, O. y Y. González. (1999). Efecto del agua caliente en la germinación de diez especies arbóreas. En: Medina, G., D. García, T. Clavero y J. Iglesias. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. Zootecnia Tropical. 25:83.
- Trees for life (2005). Moringa Book. [Consultado 10 de junio de 2013] <<http://www.treesforlife.org/our-work/our-initiatives/moringa/moringa-book>>.

- Van Soest, P. (1981). Impact of feeding behaviour and digestive capacity on nutritional response. En: Fbillips, R. (1981). Animal genetic resources conservation and management. FAO Animal Production and Health Paper. Rome, Italy.
- Xavier DF, Carvalho MM (1996) Evaluacion agronomica de *Cratylia argentea* en zonas de Mata de Minas Gerais, En: Nouman, W., Siddiqui, m. T., Basra, S. M. A., Farooq, H., Zubair, M., & Gull, T. (2013). Biomass production and nutritional quality of *Moringa oleifera* as field crop. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37.
- Zeng, B. (2001). Pruning Chinese trees: an experimental and modelling approach. Thesis to obtain the degree of Ph. D. Department of Plant Ecology. Universiteit Utrecht. Utrecht, Netherlands.

IX. ANEXO 1.

9.1. Evaluación de emergencia de semillas de *Moringa oleifera*. Se aplicaron cinco tratamientos de escarificación para semilla de Moringa.

9.1.1. Diseño Experimental:

Se utilizó una cámara de germinación donde hubo condiciones ambientales de la cámara de germinación son homogéneas y constantes (28°C y 30% de Humedad Relativa).

Las bolsas en las que se llevó la germinación y emergencia fueron bolsas de polietileno negro de 1 kg de capacidad con sustrato propicio (20% mezcla de tierra negra de Amazcala, 20% lombricomposta, 20% tezontle y 40% arena), humedecidas a capacidad de campo. En cada bolsa se colocó una semilla.

En cuanto al diseño del experimento (Figura 8.1), el total de las 150 semillas utilizadas obedecen a las siguientes particularidades:

- ▶ Unidad experimental: 10 semillas.
- ▶ Niveles: 5 niveles (técnicas de escarificación), dando un total de 5 tratamientos (Cuadro 8.1).
- ▶ Repeticiones: 3 repeticiones por tratamiento.
- ▶ Tamaño de muestreo: el total de la unidad experimental.

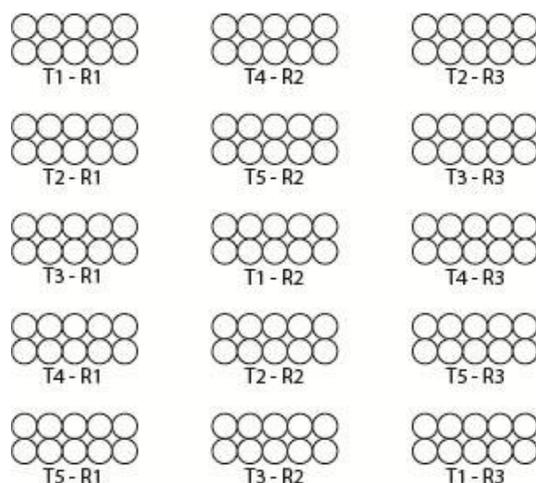


Figura 9.1. Arreglo experimental de tratamientos de escarificación en cámara de germinación.

Cuadro 9.1. Tratamientos de escarificación de semillas de *Moringa oleifera*.

Tratamiento	Método de escarificación
Tratamiento 1: (Control)	Sembrar las semillas directo en sustrato húmedo.
Tratamiento 2	Semillas colocadas en agua a 80°C por 24 horas (Terrones, 2006).
Tratamiento 3	Semillas colocadas en agua a 80°C por 2 minutos más inoculación con una suspensión (1% m/v) de cepas específicas de <i>Rhizobium loti</i> (Toral y González, 1999).
Tratamiento 4	Semillas colocadas en ácido sulfúrico concentrado al 98% por 5 minutos más 24 horas en agua ionizada (Sanabria, 2001).
Tratamiento 5	Semillas en agua a proporción 1:10 y licuadas con 10 pulsaciones más 24 horas en agua ionizada (Camacho, 1994).

9.1.2. Evaluación de variables:

La variable a evaluar fue:

- Porcentaje de emergencia de plántulas a 7, 10, 13 y 16 días.

9.2. Resultados de evaluación de emergencia.

Se aplicaron los tratamientos de escarificación a la semilla (Cuadro 8.1), se dejaron hasta 16 días para evaluar su emergencia y se pudo observar como los tratamientos 1 y 5 son los que mejor porcentaje tuvieron, con un 93% para ambos casos al último día, seguidos muy de lejos a los tratamientos 3 y 4. Lo que se pudo observar con esto es que los mejores tratamientos fueron los que tuvieron un trato menos agresivo a la semilla (siembra directa en suelo húmedo y 10 pulsaciones en licuadora + 24 horas en agua ionizada). Ahora, dentro de estos dos tratamientos que tuvieron los mejores resultados se puede observar como el T1 o control tuvo mejor desempeño desde el día 10, lo que concuerda con la información proporcionada por autores como Medina *et al.* (2007), Muhl (2009), Reyes (2006) y Pérez (2010a).

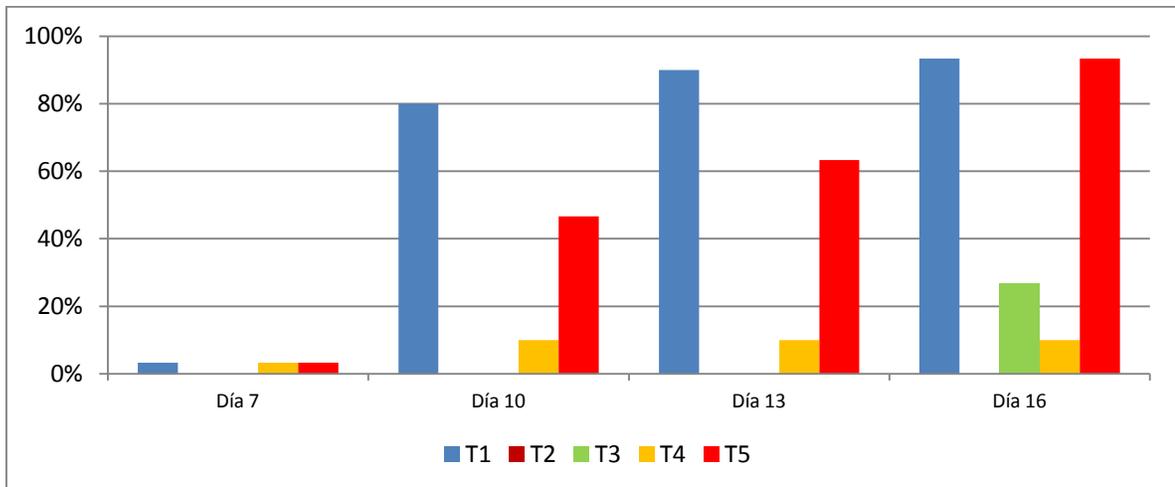


Figura 9.2. Porcentaje de emergencia de tratamientos de escarificación.