

---

**LICENCIATURA EN AGROECOLOGÍA**

**“EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO Y LA  
REMOCIÓN DE LA TESTA EN LA GERMINACIÓN  
DE LA SEMILLA Y DESARROLLO DE LA  
PLÁNTULA DE RAMÓN (*Brosimum alicastrum*)”**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN AGROECOLOGÍA**

**POR**

**LUIS GERARDO ROSADO LORÍA**

**ASESOR DE TESIS:**

**Dr. Alfonso Larqué Saavedra**

**Mérida, Yuc., México, a 21 de Enero del 2014**

## **DECLARACIÓN**

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS**

Agradezco al CONACYT por haberme brindado la oportunidad de obtener una beca, sin duda un estímulo que me ayudo a realizar con gusto y dedicación mi trabajo de tesis de licenciatura.

Agradezco al Centro de Investigación Científica de Yucatán por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto de investigación en el Departamento de Recursos Naturales.

Agradezco en especial al Dr. Francisco Alfonso Larqué Saavedra por la confianza otorgada desde el primer día que me conoció y haber aceptado ser mi asesor de tesis, enseñándome que la humildad es la base del éxito y la perseverancia la clave del conocimiento. Siendo para mí un gran ejemplo como persona e investigador.

Agradezco a Silvia Vergara Yoisura quién fue pieza fundamental de mi trabajo de investigación, siempre dispuesta ayudarme a resolver mis dudas y guiarme todo un año para lograr culminar este documento.

Dedico de forma muy especial esta tesis a toda Mi Maravillosa Familia, en especial a mi madre Julia Esther Loría Patrón y mi padre Ariel Iván Rosado López quienes me dieron la vida y siempre ocuparon por darme lo mejor, enseñándome que lo más importante es ser una persona de bien y prepararse profesionalmente para el futuro. Gracias por su Amor incondicional y apoyo constante.

Dedico esta tesis a mi Fiel Compañera, Amiga y Amor de todos los días Ileana Guillermina Gamboa Figueroa, por esa palmadita en la espalda y esa sonrisa que me regalaba cuando más lo necesitaba, Gracias por haberme aguantado esos estresantes días y jamás permitir que baje los brazos hasta haber alcanzado el objetivo. Gracias por tomar mi mano y caminar conmigo en la misma dirección.

Dedico esta tesis en especial a mi abuelita Addy Elide López Rodríguez y Addy Yalile Rosado López, quienes me han acompañado en los momentos más difíciles de mi vida, siempre atentas de mi y brindándome su Amor, Apoyo y Cariño de forma incondicional.

Gracias a Dios y mis compañeros de grupo por haberme ayudado cuando lo necesite, sin duda alguna tenían razón: **MEJORES DÍAS HAN LLEGADO...**

## INTRODUCCIÓN

Ante la escasez de alimentos a escala mundial, los organismos internacionales relacionados con la alimentación y nutrición de los pueblos, han incrementado sus esfuerzos en la búsqueda de nuevas fuentes de nutrientes que se utilicen directa o indirectamente para el consumo humano.

En nuestro país, este problema se agudiza cada vez más debido al inquietante aumento de la población y la baja producción de alimentos, aunado a la alta dependencia de alimentos de otros países; el aumento de la población será cada vez mayor. Es por eso que en los años recientes investigadores y científicos están reconsiderando la utilización de recursos que en la antigüedad fueron utilizados para la alimentación humana y animal (Pardo y Sánchez, 1980).

Una de las alternativas es el uso de especies arbóreas perennifolias de moderado a alto valor nutritivo. Dentro de estas especies se encuentra el ramón (*B. alicastrum*) que tiene un alto potencial pues presenta características singulares como mantener las hojas verdes aun en época de secas; de él pueden ser utilizados tanto sus hojas como forraje como sus frutos y semillas (Valdivia, 1996).

El ramón (*Brosimum alicastrum*) es un árbol de importancia económica en México y otros países latinoamericanos, ya que es considerado como un árbol multifuncional por los servicios ambientales, económicos, culturales y sociales, además posee características deseables en los modelos de producción sustentable hoy en día a nivel mundial. Es un árbol perennifolio que produce gran cantidad de follaje y semillas en varios meses del año, lo cual atrae el interés de productores e investigadores para desarrollar nuevas estrategias de manejo y así incrementar su bioproductividad de este árbol perenne y obtener mayores beneficios en múltiples ámbitos, considerando entre los principales, la alimentación humana y animal.

El árbol de *B. alicastrum* es una especie con características particulares y bien adaptada al medio, que puede mejorar su desarrollo en la etapa inicial con el uso de estimulantes hormonales, como el Ácido Salicílico, lo que puede hacerlo más factible para su cultivo, debido a su alta tasa de germinación y tolerancia a la sequía.

## **JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto se realizó con el interés fundamental de iniciar una base de datos con información relevante acerca del *Brosimum alicastrum* árbol que en la actualidad está siendo visualizado por investigadores y organizaciones no gubernamentales como una posible fuente de alimentación por su alto valor nutricional de la semilla. Conocer, asimismo, la respuesta de la semilla de ramón ante la remoción de la testa, dará una idea de cómo responde esta especie en particular la semilla ante los cambios de ambiente. Finalmente, el uso de ácido salicílico en ramón con el fin de estimular la germinación de las semillas y el desarrollo de las propias plántulas es fundamental, puesto que es la primera prueba de este fitorregulador sobre plantas perennes; de hecho, es bien conocido el papel positivo que juega en plantas hortícolas.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Evaluar el efecto del ácido salicílico y la remoción de la testa en la germinación, y en el desarrollo de la plántula y la raíz del *Brosimum alicastrum*.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el efecto de la remoción de la testa y tegmen en la germinación de la semilla de ramón
- Estimar el tiempo de germinación de la semilla de *Brosimum alicastrum* ante la imbibición en ácido salicílico en distintas concentraciones
- Cuantificar la longitud y peso de la raíz y tallo de plántulas de *Brosimum alicastrum* ante la aspersion de ácido salicílico en distintas concentraciones

## **HIPÓTESIS 1**

Las semillas sin testa y tegmen germinan en menor tiempo que las semillas con testa y/o tegmen

## **HIPÓTESIS 2**

Las semillas de *Brosimum alicastrum* germinan en menor tiempo cuando son embebidas en AS

## **HIPÓTESIS 3**

La aspersion de las hojas de plántulas de *Brosimum alicastrum* con AS, estimula el crecimiento de la raíz y el tallo

# **1 REVISIÓN DE LITERATURA**

## **1.1 ANTECEDENTES**

*Brosimum* proviene de la palabra griega brosimos, que significa "comestible". El ramón es un gran árbol perenne con una historia de uso humano en la zona maya y que se extiende desde el período clásico maya hasta el presente. El árbol se encuentra ampliamente distribuido en toda América del sur y central. Históricamente, todas las partes de *B. alicastrum* han sido utilizadas por seres humanos, incluso los frutos, las semillas ("nuez"), corteza, madera, hojas, y látex. La semilla, en particular, es ampliamente reconocida por su valor nutritivo. Además, diversas partes de la planta *B. alicastrum* también se han utilizado en la medicina popular, con el uso de látex y/o de las semillas como una galactogénico (estimulante de lactancia) (Morton, 1977). La semilla de ramón comúnmente llamada "nuez", sigue siendo parte de la dieta habitual de las poblaciones nativas de América central y del sur.

La seguridad de la semilla de ramón está respaldada por el hecho de que todos los componentes de las semillas se consumen como parte de la dieta humana en algunos países de América central y sur. El polvo derivado de la semilla de ramón se utiliza como ingrediente en los alimentos, incluyendo productos horneados y mezclas para hornear,

bebidas y bases de bebidas, cereales para el desayuno, productos de granos, pastas, salsas, y los productos lácteos como fuente de proteínas (Peters *et al.*, 1982)

## 2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA *Brosimum alicastrum*

**Reino:** Plantae. **Phyllum:** Spermatophyta. **Subphyllum:** Magnoliophytina.

**Clase:** Magnoliopsida. **Subclase:** Dilenidas. **Orden:** Urticales. **Familia:** Moraceae.

**Género:** *Brosimum*. **Especie:** *Brosimum alicastrum* Swartz.

**Árbol** dioico (masculino y femenino) de gran tamaño que alcanza de 20 a 45 metros de altura total y de 10 a 30 metros de altura comercial. El diámetro a altura del pecho varía entre 40 a 150 cm (Toledo, 1999). **Fuste** grande, generalmente recto y cilíndrico, con aletas pronunciadas de hasta 3 metros de altura. La base es de forma abotellada (Toledo, 1999). **Corteza** externa es de color gris pálido a pardo oscuro, con lenticelas pequeñas y apariencia fisurada, desprendible en capas leñosas. La corteza interna es de color amarillo cremoso, de textura arenosa que exuda un látex blanco cremoso y ligeramente amargo. El grosor total de la corteza varia de 0.5 a 1cm (Prosefor, 1999). **Hojas** simples, enteras, alternas, elípticas a elíptico oblongas, de 7 a 25 cm de largo y de 3 a 9 cm de ancho (Aguilar, 1992); pecíolo de 0.5 cm de largo, ápice agudo a acuminado, base obtusa a aguda; haz verde oscuro, lustroso y envés verde pálido y opaco, ambas superficies glabras (Prosefor, 1999). **Fruto** una drupa globosa con pericarpio carnoso y comestible; tiene de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, de color verde amarillento a anaranjado en su madurez; cubierta por diminutas escamas y contiene una sola semilla (Prosefor, 1999). **Semillas** presentan una forma globosa, de unos 15 a 20 mm de diámetro. La testa es de color moreno o amarillenta, lisa, lustrosa, papirácea; el embrión es curvo, de color verde y ocupa toda la cavidad de la semilla. Tiene dos cotiledones curvos, carnosos, uno sobre el otro (Prosefor, 1999).



Figura 1. Frutos inmaduros y frutos maduros de *Brosimum alicastrum*

### **3 LA SEMILLA DE *Brosimum alicastrum***

La semilla es una unidad reproductiva compleja, característica de las plantas vasculares superiores, que se forma a partir del óvulo vegetal, generalmente después de la fertilización. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica. En la naturaleza, la semilla es una fuente de alimento básico para muchos animales. También; mediante la producción agrícola, la semilla es esencial para el ser humano, cuyo alimento principal está constituido por semillas, directa o indirectamente, que sirven también de alimento para varios animales domésticos (Paredes, 2007).

Las reservas energéticas de la semilla son: grasas, carbohidratos y a veces proteínas, que sostendrán a la futura planta durante sus primeras etapas de vida. Estas reservas, como se ha dicho, pueden encontrarse en diferentes tejidos o en el embrión mismo, lo cual está relacionado con la germinación y el desarrollo de un nuevo individuo.

El desarrollo exitoso de la semilla depende de múltiples influencias en todos y cada uno de los estados de su formación. Además, su estructura está estrictamente unida a su función; por tanto, el estudio de sus características permite comprender sus posibilidades futuras de éxito (Peretti, 1994).

Las semillas pueden almacenarse vivas por largos períodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (Camacho, 1994).

### 3.1 ETAPAS DE GERMINACIÓN

La germinación comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente:

- a) absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y ruptura final de la testa.
- b) inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión.
- c) crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En la mayoría de las semillas, el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula (Doria-Jessica *et al.*, 2010).



Figura 2. Semillas frescas de *Brosimum alicastrum*

## 4 HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

El ramón es una de las especies de distribución más amplia en México, se encuentra tanto en la vertiente del Golfo de México, desde el sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán, como en la vertiente marítima de la Sierra Madre Oriental y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa a Nayarit (Pardo y Sánchez, 1980). La National Academy of Science (1975), reporta que se encuentra en muchas áreas de Centroamérica, en el oeste de Jamaica y en el oeste de Cuba.

En Yucatán el ramón tiene una distribución natural en la parte central, sur y oriente, ya que forma parte de la composición de la selva baja subcaducifolia y selva mediana subcaducifolia. Se adapta a suelos muy arcillosos, profundos e inundables, durante la época

de lluvias, así como suelos someros altamente pedregosos (Rico-Gray *et al.*, 1985) con un pH de 6.8 hasta más de 8.2 y en regiones con 600 a 1000 mm de precipitación anual. Puede crecer y regenerarse en condiciones de bosques cerrados, presentando una fuerte tolerancia al sombreado y la sequía.

Vega-López *et al.* (2003) apreciaron que *B. alicastrum* se localiza principalmente en aquellos sitios donde las condiciones edáficas ofrecen a la planta una mayor disponibilidad de agua a lo largo del año, ya que la mayor parte de los suelos donde se desarrolla son profundos y con alta capacidad para su almacenamiento o están sujetos a la acumulación de humedad residual proveniente de escurrimientos de las partes altas y a la infiltración, así como de otras fuentes permanentes de agua.

Esta especie parece ser tolerante a restricciones en el suelo (altos niveles de pedregosidad, rocosidad y carbonato de calcio) y a una escasa apertura del dosel.

Bajo los árboles del ramón se ha presentado una elevada diversidad de plántulas sin que domine alguna especie. Esto sugiere que *B. alicastrum* favorece la regeneración de otras especies, facilitando la coexistencia de especies de árboles de dosel (CONABIO, 1972).

Comprende una amplia distribución con alturas de 12 a 20 metros y un diámetro de altura al pecho de hasta 1 m, llegando a tener una dominancia con otras especies de más del 90% por lo que estas asociaciones se conocen como “ramonales”. En algunas zonas muy húmedas se presenta una variante de 20 m. de altura dominada por *Pseudolmedia spuria*; Se observan en lugares con suelo poco desarrollado, en pendientes pronunciadas y generalmente asociada a zonas arqueológicas. Tienen una gran variación en cuanto a fenología foliar, ya que se pueden encontrar en selvas medianas subcaducifolias ampliamente distribuidas en las laderas suroccidentales y en selvas altas perennifolias en la meseta y las laderas orientales del centro y sur de México (Martínez y Galindo, 2002).



Figura 3. Distribución del *Brosimum alicastrum* en México (Pennington y Sarukhán, 1968; Berg, 1972)

#### 4.1 FITOGEOGRAFIA NATURAL Y CULTIVADA

Se distribuye naturalmente desde el sur de México (tropical y subtropical), toda América Central, Caribe (Cuba, Jamaica, Trinidad), norte de América del Sur (Colombia, Guayana, Surinam, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Perú, NE Brasil (Roraima). Además se cultiva en México, Jamaica, Costa Rica y Guatemala. Se considera una especie importantísima para la fauna (Burns y Mosquera, 1988).

### 5 IMPORTANCIA DEL RAMÓN

#### 5.1 AMBIENTAL

Al ser un árbol perenne mantiene los 12 meses y las cuatro estaciones del año sus hojas verdes, el beneficio de esta característica se ve reflejado en la constante captación de carbono atmosférico que posteriormente es transformado en oxígeno. Usado como cercos vivos y modificadores del microclima en los sistemas agropecuarios. En el caso de Yucatán, donde no hay suelo para desarrollar sistemas intensivos, la producción del ramón beneficiaría por los servicios ambientales que ofrece, siendo altamente deseable (Larqué-Saavedra, 2011; Vega-López *et al.*, 2003).

## 5.2 CULTURAL

El *Brosimum alicastrum* conocido con más de 45 nombres en diferentes estados de México y países de Latinoamérica ha sido considerado como un árbol de múltiples beneficios, en los que destacan la importancia del forraje para la alimentación animal, la semilla para la alimentación humana y la madera para diversos usos. Este árbol es considerado de gran importancia cultural ya que desde tiempos prehispánicos su valor ya se conocía y esto se puede observar en las pinturas de los sitios arqueológicos de Latinoamérica (Lambert y Arnason, 1982). El ramón jugó un papel muy importante en la cultura maya pues se ha notado que este árbol se encuentra en todas las zonas arqueológicas mayas de algunos países como: Tikal en Guatemala, Belice y Coba en México, y se cree fue una alternativa de subsistencia para los mayas (Puleston, 1968). Es uno de los árboles de usos múltiples que mayor utilidad tiene para beneficio de las poblaciones humanas, es de gran importancia en la composición del paisaje y su madera se utiliza para la construcción en general, así como para entarimado y elaboración de artesanías (Sanchez-Velázquez *et al.*, 2004).

## 5.3 ECONÓMICA

La importancia económica del *Brosimum alicastrum* no puede ser cuantificada con facilidad ya que su valor va mas allá de lo monetario, aunque bien esta especie se ha considerado como provechosa para la elaboración de alimentos derivados de su semilla que pueden ser comercializados y obtener así ganancias económicas, además de que su establecimiento como parcelas forestales puede dejar una remuneración económica derivada del secuestro de carbono, elaboración de artesanías y otros productos.

Desde hace algunos años, la semilla extraída del fruto del ramón está ganando especial interés en el mercado nacional como un producto forestal con alto valor nutricional y un gran potencial como agroindustria rural. En el año 2004, la Sociedad Civil Organización Manejo y Conservación-OMYC, concesionaria de la Unidad de Manejo Uaxactún en la zona de usos múltiples de la Reserva de Biósfera Maya en Petén, inició el aprovechamiento de la semilla de Ramón, con la autorización del Consejo Nacional de Áreas Protegidas a través de una licencia de colecta (Vohman, no publicado).

## 5.4 AGRONÓMICA

Se han realizado diversas investigaciones y se reporta que de un cultivo con 125 árboles/ha se pueden cosechar de 7 a 8 toneladas de semilla y de 35 a 40 toneladas de follaje. Un kilogramo de semillas contiene aproximadamente 400 de ellas, casi todas fértiles (Pardo-Tejeda *et al.*, 1976). Se calcula que cada árbol produce unos 32 kg de frutos (peso fresco). Las semillas tienen características altamente deseables como alimento. Se han realizado diversos estudios sobre el contenido de nutrimentos esenciales así como vitaminas, determinándose que contienen más proteínas que el maíz y el sorgo, además debe hacerse notar que el contenido de triptófano que es un aminoácido esencial se encuentra en mayor cantidad (4 veces más) en las semillas de *Brosimum alicastrum* que en las de maíz (Pardo-Tejeda y Sánchez Muñoz, 1980).

## 6 VALOR NUTRICIONAL DE LA SEMILLA DE RAMÓN

Numerosos estudios reportan un alto valor nutritivo para los seres humanos y animales que consumen hojas, ramitas y semillas (Pardo-Tejeda y Sánchez-Muñoz, 1980). Análisis de la pulpa del fruto muestra rendimientos del 84% contenido de agua, 2.5% de proteína, 0.5% extracto etéreo, 1.2% de fibra, y el 10.9% extracto libre de nitrógeno. Las semillas frescas pueden contener el 52.2% de agua. Tras el secado, el contenido de agua varía de 4.60% a 12.17%. Los frutos secos presentan un 12.3% de proteína cruda, el 8% de agua, y el 15.5% de cenizas. Se puede concluir que la semilla es rica en hidratos de carbono, se reportan valores que van del 39.6% al 74.6% de extracto libre de nitrógeno. El contenido de fibra bruta varía de 2.4% a 8.9%; total la dieta fibra varía de 16.6% a 23.6% (Ortiz y Melgar, 1995).

La semilla de ramón es de alta densidad calórica, el contenido calórico variable 3.59 a 4.16 kcal / g. Puleston *et al* 1971 informó de los valores de proteína para las semillas que van desde 11.4% a 13.4% (en proteína bruta), los datos obtenidos por otros investigadores sugieren valores más bajos de 7.7% a 8.9%. Para fines de comparación, el trigo, el maíz y el arroz tienen un contenido de proteínas del 9.3%, 9.8% y 7.2%, respectivamente. Análisis

de aminoácidos en la semilla de ramón indican que contiene lisina y triptófano, que a menudo son limitados en la dieta típica de América central. Se reportan valores de lisina de 2.34% a 4.0% y triptófano de 1.2% a 2.3% (Ortiz y Melgar, 1995).

Análisis realizados por el grupo de trabajo dirigido por el Dr. Alfonso Larqué Saavedra de la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán han demostrado que la calidad de la harina de ramón se encuentra entre las mejores en comparación nutricional a la del maíz, trigo y soya. Esto hace que la harina de ramón sea hoy en día una alternativa para implementar en la alimentación humana en todas las edades incluso en los niños quienes presentan falta de nutrientes esenciales debido a los malos hábitos alimenticios y quienes necesitan un aporte nutricional de calidad para un buen crecimiento y desarrollo en los primeros años de vida. Será fundamental lograr incluir en la dieta del humano al ramón como una fuente de nutrientes de calidad.

## **7 LAS CUBIERTAS DE LAS SEMILLAS**

El epispermo es la cubierta protectora de la semilla, la protege de la desecación y de lesiones mecánicas; pero también puede desarrollar estructuras para la dispersión como pelos, alas, cuerpos oleosos o azucarados. Generalmente se diferencia en dos capas: la testa: es el tegumento exterior de la semilla, generalmente derivado de la primina del óvulo y el tegmen que es la cubierta mas interna de la semilla, generalmente derivada de la secundina del óvulo (Valla, 1995). La testa puede tener muy distintas texturas y apariencias y es la primera defensa de la semilla contra las condiciones adversas del medio que la rodea como la invasión de organismos patógenos y las fluctuaciones de humedad y temperatura. Por esta razón, la integridad de la cubierta seminal juega un rol importante en la conservación de la calidad de la semilla. Generalmente es dura y está formada por una capa interna y una externa de cutícula y, una o más capas de tejido grueso que sirve de protección. Estas características le confieren a la testa cierto grado de impermeabilidad al agua y a los gases. Ello le permite ejercer una influencia reguladora sobre el metabolismo y crecimiento de la semilla.

Las cubiertas de la semilla (testa y tegmen) y el fruto (pericarpio) son importantes en la prevención de la deshidratación después de la dispersión de las semillas, funcionando como

barreras mecánicas (Chacón y Bustamante, 2001; Moreno, 2006). Testas duras se presentan en más del 40% de las especies que producen semillas recalcitrantes, mientras los tejidos carnosos que rodean la semilla son a veces suaves y tienen alto contenido de agua (Farnsworth, 2000). La tasa de pérdida de agua se relaciona con el grosor de la cubierta de la semilla (Chacón y Bustamante, 2001) de modo que semillas recalcitrantes con cubiertas rotas se desecan más rápidamente y en un porcentaje más alto (Mwang'Ingo, 2004). Semillas recalcitrantes rodeadas por pericarpio y testa delgadas, se desecan en un tiempo relativamente corto cuando son colocadas en condiciones de baja humedad como es el caso del *Brosimum* (Pukacka y Ratajczak, 2005).



Figura 4. Semillas de *Brosimum alicastrum* con testa y tegmen

## 7.1 IMPLICACIONES PRÁCTICAS

El almacenamiento de las semillas de especies forestales del trópico húmedo es, a menudo difícil a causa de la sensibilidad de las semillas a la deshidratación y las bajas temperaturas, condiciones tradicionalmente consideradas necesarias para el almacenamiento a largo plazo de semillas (Kainer *et al.*, 1999).

El desafío principal en el almacenamiento de semillas recalcitrantes a largo plazo es evitar de la pérdida de viabilidad, lo cual requiere conocer a profundidad las condiciones óptimas de almacenamiento, terreno aún por explorar mediante investigación práctica.

Evitar la deshidratación de las semillas recalcitrantes durante el almacenamiento puede lograrse implementando ambientes húmedos. El polietileno glicol (Bewley y Black, 1994), la arena húmeda (Kainer *et al.*, 1999), el suelo húmedo (Mata y Moreno-Casasola, 2005), agua, carbón (Bewley y Black, 1994) o atmósferas modificadas (uso de empaques plásticos sellados o perforados) (Zavala, 2004) pueden ser útiles para el almacenamiento de estas semillas.

## 8 EL ÁCIDO SALICÍLICO (AS), FITOREGULADOR

El AS es considerado una droga legal vendida en todo el mundo sintetizada en 1898 en Alemania (Raskin, 1992). Sin embargo, fue John Buchner (1928) quien aisló el glucósido de alcohol salicílico de la corteza del sauce en Munich que más tarde fue nombrado por Rafael Piria (1938) como ácido salicílico. La palabra ácido salicílico fue derivada del latín “salix”, que significa árbol de sauce. Se distribuye por todas partes en todo el reino vegetal y se clasifica en el grupo de hormonas vegetales (Raskin, 1992). Al ácido salicílico se le atribuyen diversos roles de regulación en el metabolismo de las plantas (Popova *et al.*, 1997).

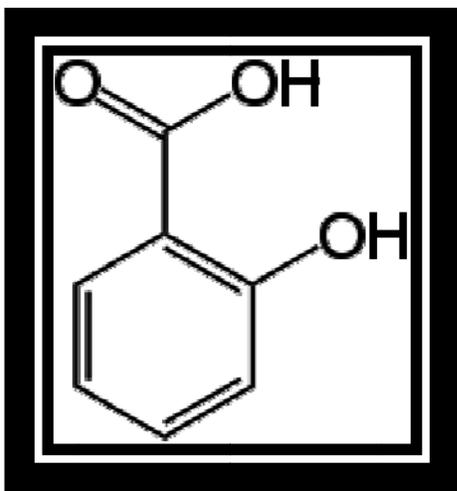


Figura 5. Fórmula estructural del ácido salicílico

Es un regulador del crecimiento que incrementa la bioproductividad. Algunos experimentos llevados a cabo con plantas ornamentales y hortícolas en condiciones de invernadero y en campo abierto demuestran que las plantas responden a este compuesto. El efecto se expresa

en el incremento en el tamaño de la planta, el número de flores, el área foliar y la temprana aparición de flores. En especies hortícolas, el efecto reportado es el incremento del rendimiento sin afectar la calidad de los frutos. Se demuestra que el incremento en la bioproductividad de las plantas se debe principalmente al efecto positivo del ácido salicílico en la longitud y densidad de la raíz.

Uno de los productos más comerciales que contienen salicílico para uso humano son las aspirinas. Desde 1975 fue reportado que aplicaciones de aspirina en las plantas producían efectos fisiológicos que no habían sido descritos por la literatura, tales como el cierre estomático (Larqué-Saavedra, 1978 y 1979). Estudios posteriores con el principio activo de la aspirina que es el ácido salicílico, han demostrado que este compuesto es un regulador del crecimiento (Raskin, 1992). Con la aspersión a bajas concentraciones de ácido salicílico a plantas de importancia hortícola como tomate, pepino, zanahoria, y frutales como papaya se han demostrado que también incrementan su productividad (Aristeo-Cortes, 1998; Larqué-Saavedra y Martin-Mex, 2007). Hecho que se ha relacionado con el efecto de incrementar el sistema radical de las plantas (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998; Echeverría-Machado *et al.*, 2007) Recientes descubrimientos en laboratorio han demostrado que la aspersión con AS en las hojas puede estimular el crecimiento de la raíz en varias especies como zanahoria, rábano, remolacha y soya (Aristeo-Cortés, 1998).

## **8.1 EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN SISTEMA RADICAL**

El volumen total de suelo explorado por la raíz de las plantas es una de las mejores maneras de mejorar el rendimiento, ya que mayor será el agua y los nutrientes absorbidos por la planta. Un segundo aspecto importante es aumentar la densidad de enraizamiento la cual se produce como resultado del aumento de la iniciación de raíces secundarias. En los experimentos realizados con el ácido salicílico se encontraron que ambos aspectos (longitud de la raíz y de la densidad) podrían verse afectados positivamente.

Gutiérrez-Coronado (1998) en un estudio llevado a cabo en 1996 informó que la aplicación foliar de ácido salicílico a los brotes de las plantas de soya afectaban de manera significativa el tamaño de la raíz. Más trabajos han reproducido hallazgos similares con solución de ácido salicílico (Sandoval-Yepiz, 2004).

## **8.2 EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN LA FLORACIÓN**

Se encontró que el efecto de los salicilatos en el proceso de floración es un parámetro que está estrechamente relacionado con la productividad. A este respecto, Martin-Mex *et al.* (2003) realizó aplicaciones de ácido salicílico en las hojas provocando la inducción de la floración. Diferentes experimentos claramente establecidos demostraron que las plantas tratadas con ácido salicílico florecieron antes que las plantas no tratadas. En las especies ornamentales como por ejemplo gloxinia (*Sinningia speciosa*), las plantas tratadas florecieron a la edad de 24 días, mientras que las plantas control florecieron a la edad de 30 días.

Queda demostrado de la revisión bibliográfica respecto al *Brosimum alicastrum* que es un árbol cuyo valor va mas allá de lo agronómico con características particulares como al resistencia a la sequía, su gran capacidad de producción de semillas y aporte nutricional de calidad al ser consumida. Además de que siendo un árbol adaptado al medio se puede inferir en él a través del uso de reguladores hormonales como el ácido salicílico para estimular el crecimiento de la raíz, tallo y floración en menor tiempo. Siendo esto algo muy importante a la hora de realizar plantaciones comerciales en las cuales se busca aprovechar el producto en el menor tiempo posible.

## **9 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **9.1 MATERIAL VEGETATIVO y ÁREA DE MUESTREO**

Para el presente trabajo se muestreó constantemente árboles de ramón en el sitio ubicado al norte de la ciudad de Mérida, con coordenadas geográficas referentes a N21° 01'' 54.8' y W 89° 37'' 21.2' dicho predio presenta un total de 10 árboles de ramón cuya edad aproximada es de 25 años y un rango de altura entre 15 a 20 metros. Las condiciones que presenta el sitio experimental son favorables, tiene suelo en estado de conservación refiriéndonos a esto que no se ha empleado para ninguna otra labor agrícola o forestal ni aplicado agroquímicos, cuenta con riego tres veces por semana. Dado que los árboles presentes en el predio se encuentran en buenas condiciones y cercanos al Centro de

Investigación Científica de Yucatán, se seleccionó este sitio para la recolección de frutos que serán empleados posteriormente para los ensayos.

Seleccionado el sitio de estudio se procedió a realizar monitoreos 2 veces por semana y colectas semanales durante los meses de junio 2012- abril 2013, llevando un registro de los días una vez iniciada la floración hasta visualizar la maduración de los frutos para realizar la colecta. La colecta del material se realizó de manera selectiva ya que para cada experimento se colectaron semillas del mismo árbol el mismo día buscando la homogeneidad de las semillas en variables como la edad y genética, para reducir el sesgo en los experimentos.

## **9.2 PRE-TRATAMIENTO DE LA SEMILLA**

Se inició con la separación de la semilla y el fruto, al iniciar el proceso de desecación al cabo de 24 horas a una temperatura constante de 24°C. No se empleó ningún control químico para evitar los hongos, solamente se evitó el exceso de humedad de las semillas mediante la exposición al sol o conservándolas en espacios ventilados y poca humedad.

## **9.3 PREPARACIÓN DEL ÁCIDO SALICÍLICO**

Las soluciones de ácido salicílico fueron preparadas siguiendo las recomendaciones de (Gutiérrez –Coronado *et al.*, 1998). El AS fue inicialmente disuelto en unas cuantas gotas de dimetilsulfoxido (DMSO) y el volumen final fue alcanzado utilizando agua destilada. El pH de esta solución fue ajustado a 5.5 con hidróxido de potasio (KOH) y unas pocas gotas de tween-20 fueron adicionadas como surfactante. Se evaluaron 3 tratamientos y el control: (a) control (agua destilada), (b) AS  $10^{-6}$ M, (c) AS  $10^{-8}$ M, (d) AS  $10^{-10}$ M.

## **9.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

## **9.5 BIOENSAYO 1. LA TESTA EN LA GERMINACIÓN DE LA SEMILLA DE RAMÓN**

Los experimentos se desarrollaron en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) bajo condiciones controladas de luz y temperatura, donde la temperatura oscila entre los 28 y 30°C con fotoperiodos de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

Se realizó la colecta de 30 semillas directamente del árbol madre. Posteriormente, se procedió a separar la pulpa de la semilla y se dejaron expuestas las semillas a una temperatura constante de 24°C por 24 horas para secar la testa y poder retirarla fácilmente al igual que seleccionar la semillas que no presentaran una rajadura en la testa exterior.

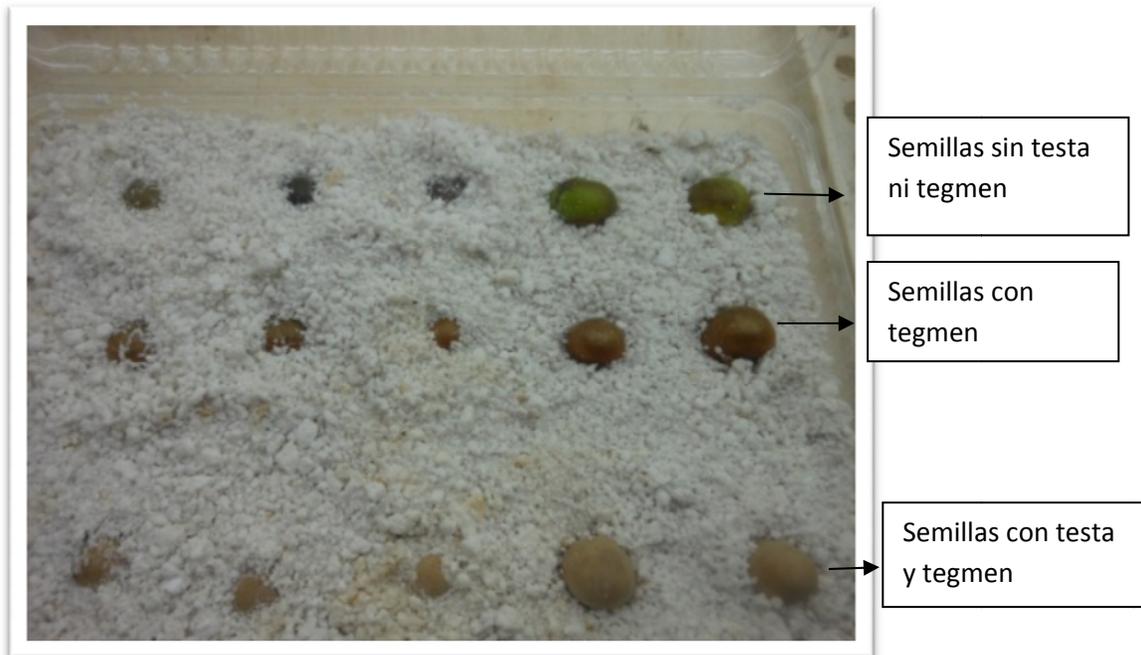
Al cabo de las 24 horas se seleccionaron 15 semillas entre un rango de 3.5 a 4 gramos por semilla. El siguiente paso fue seleccionar los tratamientos: a) cinco semillas retirando las dos capas (testa y tegmen) b) cinco semillas retirando una capa c) cinco semillas sin retirar ninguna capa.

Una vez listas las semillas de ramón se procedió a embeberlas por 24 horas en agua destilada para que las 15 semillas partan del mismo contenido de humedad y reducir el sesgo en los resultados.

El semillero empleado fue una charola de plástico transparente con 18cm de ancho por 24cm de largo, donde se depositaron las 15 semillas y se recubrieron con sustrato inerte (agrolita). Una vez realizada la siembra de las semillas se dejaron con un rango de temperatura de 28 a 30°C con 12 horas de luz artificial y 12 de oscuridad. El riego se realizó 3 veces por semana empleando un atomizador, la cantidad de agua suministrada por día fue de 100ml para las 15 semillas.



Figura 6. Semillas de *Brosimum alicastrum* con testa y tegmen, con tegmen y sin testa ni tegmen



Figuras 7. Semillas de *Brosimum alicastrum* sembradas en agrolita (Bioensayo 1)

## **9.6 BIOENSAYO 2. EMBEBIMIENTO DE LA SEMILLA DE RAMÓN EN ÁCIDO SALICÍLICO**

Con base en el bioensayo de germinación de la semilla y crecimiento de la plántula de ramón (*Brosimum aliscastrum*) bajo condiciones controladas, pudimos evaluar la respuesta fisiológica de la planta, así como inferir cuál de los tratamientos estimuló o favoreció la germinación, crecimiento de la raíz y el tallo.

La primera fase del experimento constó en la selección de semillas del *Brosimum aliscastrum* del mismo árbol con la finalidad de evitar sesgos en el proceso de germinación debido a las características variables de cada semilla de acuerdo al árbol madre. Como siguiente paso se realizó el pesado de las semillas en seco y se embebieron por 12, 24, 36 y 48 horas en soluciones de ácido salicílico a las concentraciones moleculares de  $10^{-6}$  M,  $10^{-8}$  M y  $10^{-10}$  M y agua destilada (control). Las semillas se colocaron en semilleros de plástico usando como sustrato agrolita y se regaron con 15ml de agua destilada por planta una vez al día. El rango de peso de las semillas empleadas fue de 3.0 – 4.0 gramos por semilla.

### 9.7 BIOENSAYO 3. ASPERSIÓN DE LAS HOJAS DE RAMÓN CON ÁCIDO SALICÍLICO

Se emplearon 32 tubos de pvc con diámetro de 4cm y altura de 15 cm para emplearlos como semilleros. El uso de estos tubos permite que la planta desarrolle un crecimiento radical sin limitación y como en este caso, el interés es el efecto del AS, resulta el método más adecuado. Una vez teniendo listos los semilleros de pvc se seleccionaron 32 semillas de ramón con un rango de peso entre 3.5 - 4.0 gramos por semilla. Posteriormente, fueron depositadas en frascos esterilizados y embebidas en agua destilada por las siguientes 24 horas. Una vez cumplidas las 24 horas de embebimiento se depositaron las semillas en los tubos de pvc previamente llenados con agrolita y se recubrieron las semillas con el mismo sustrato. El riego fue de 15 ml por planta al día con agua destilada.

Al visualizar la exposición de las dos primeras hojas se empezó la aspersión de las plántulas con soluciones de ácido salicílico, los tratamientos a evaluar fueron los siguientes: a)  $10^{-6}$  M de AS, b)  $10^{-8}$  M de AS , c)  $10^{-10}$  M de AS, d) control (agua destilada). La aspersión se realizó 3 veces por semana en un horario de 11am a 1pm.

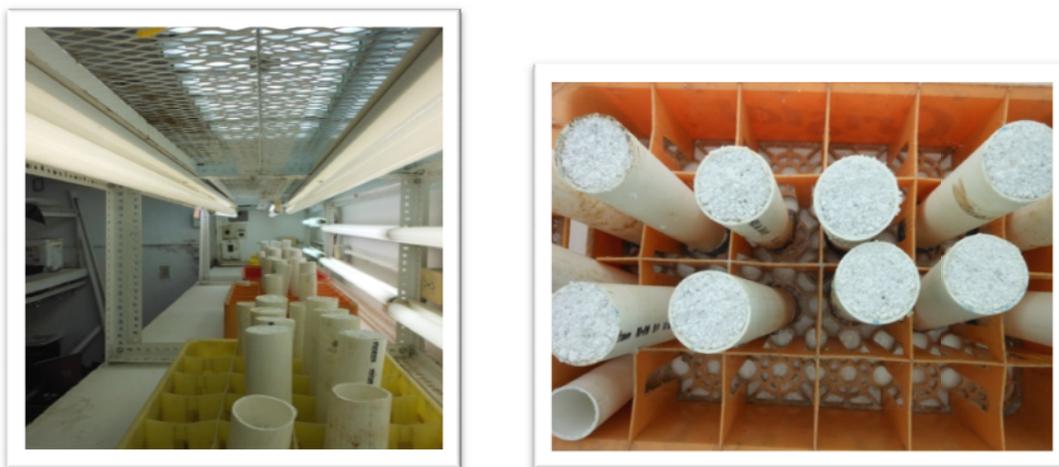


Figura 8. Tubos de pvc con agrolita empleados como semilleros para las semillas de *Brosimum alicastrum*

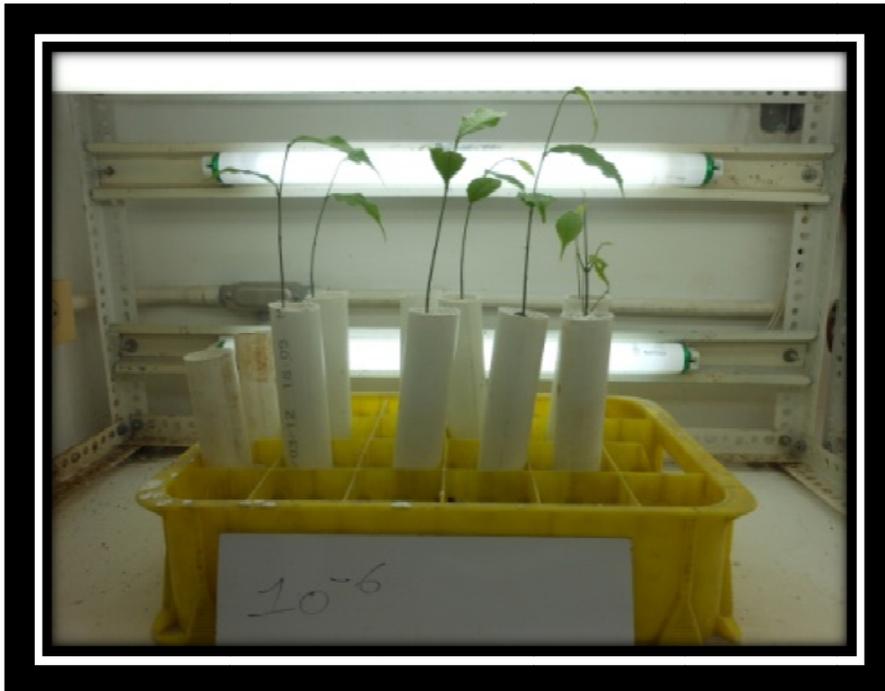


Figura 9. Plántulas de *Brosimum alicastrum* asperjadas con AS a concentración  $10^{-6}$  M

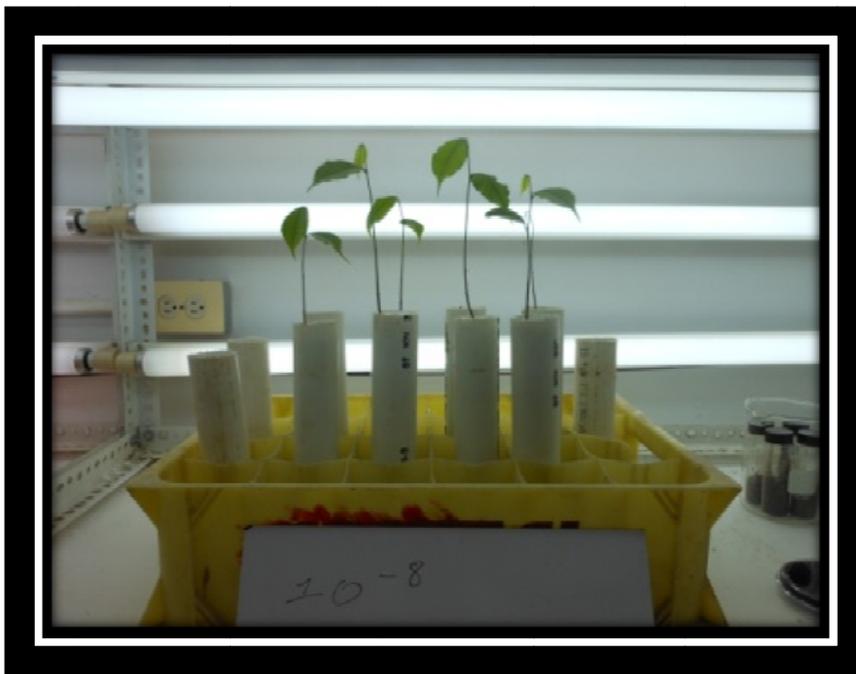


Figura 10. Plántulas de *Brosimum alicastrum* asperjadas con AS a concentración  $10^{-8}$  M



Figura 11. Plántulas de *Brosimum alicastrum* asperjadas con AS a concentración  $10^{-10}$  M

## 10 RESULTADOS

### a) RESULTADOS BIOENSAYO 1

El bioensayo 1 muestra claramente el papel que juega la testa en el proceso de germinación de la semilla de ramón.

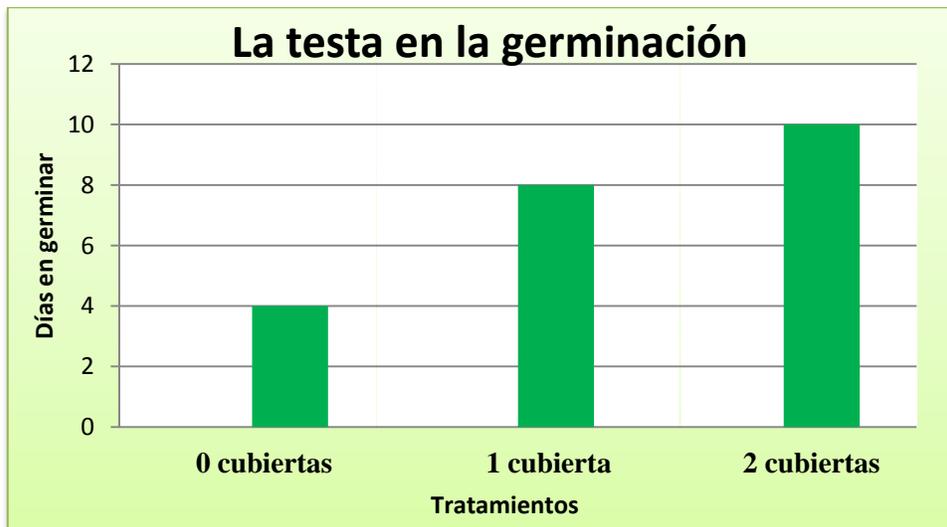


Figura 12. Tiempo de germinación de las semillas de *Brosimum alicastrum*

Las cinco semillas sin cubierta germinaron a los cuatro días. Las cinco semillas con una cubierta tuvieron una germinación a los ocho días. Las cinco semillas con ambas cubiertas tuvieron una germinación a los diez días.



Figura 13. Semillas de *Brosimum alicastrum* a los ocho días de siembra en agrolita (bioensayo 1)



Figura 14. Semillas de *Brosimum alicastrum* a los 11 días de siembra en agrolita (bioensayo 1)



Figura 15. Altura de plántulas de *Brosimum alicastrum*, derivadas de semillas con una cubierta y sin ninguna cubierta. Cada dato es el promedio de la altura de cinco individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.



Figura 16. Semillas de *Brosimum alicastrum* a los 15 días de siembra

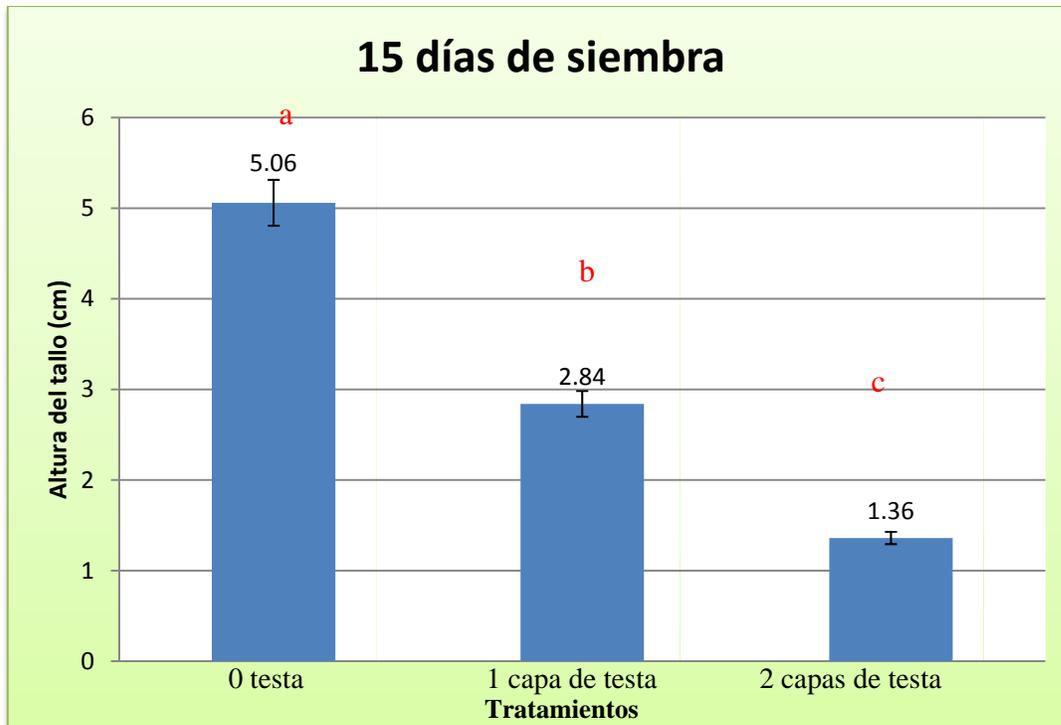


Figura 17. Altura de plántulas de *Brosimum alicastrum*, derivadas de semillas embebidas por 24 horas en agua destilada, como parte del experimento para comprobar el rol de la testa en la germinación. Cada dato es el promedio de la altura de cinco individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

## b) RESULTADOS BIOENSAYO 2

Al cabo del séptimo día emergieron las primeras plántulas de las semillas embebidas con ácido salicílico y el control; sin embargo, el experimento se dejó por 10 días más para observar si existía algún resultado en el proceso de imbibición y germinación de la semilla.

Los resultados arrojados por el Bioensayo 1 en el que se evaluó el embebimiento de la semilla de ramón a 12, 24, 36 y 48 horas en concentraciones de ácido salicílico  $10^{-6}$  M,  $10^{-8}$  M y  $10^{-10}$  M y un control con agua destilada. De acuerdo a los resultados, el embebimiento de la semilla en AS no estimula la germinación precoz de la semilla ya que se obtuvo una germinación homogénea en todos los experimentos a los siete días. Sin embargo; existe notablemente respuesta posterior de la planta derivada del embebimiento de la semilla como son el crecimiento del tallo.

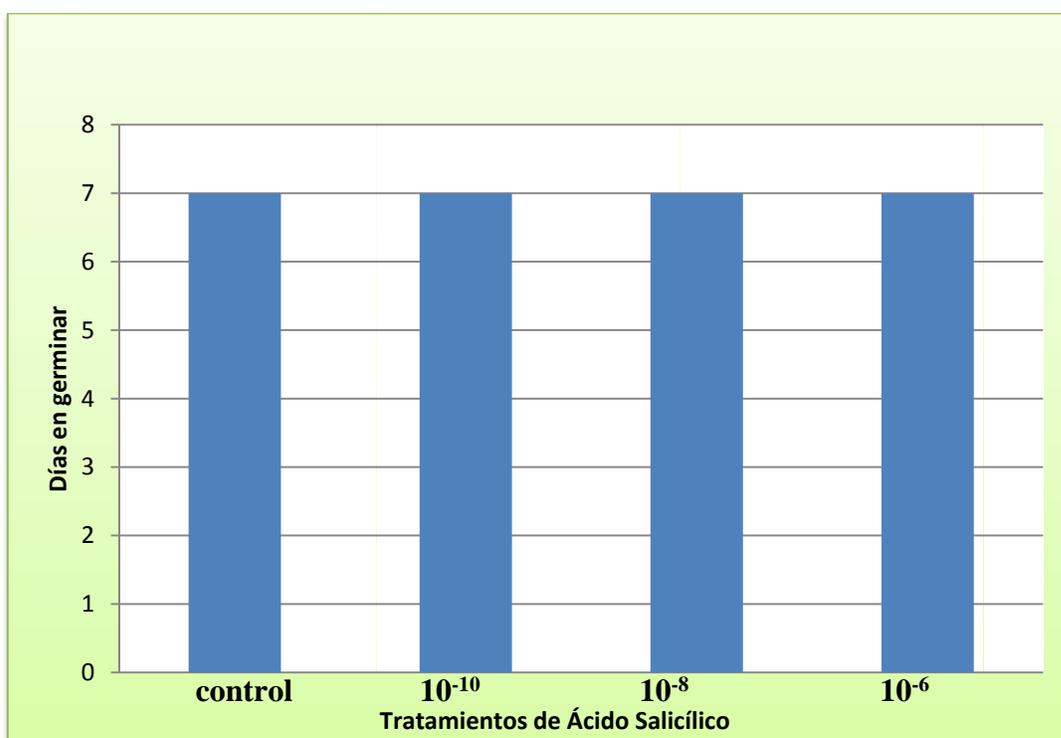


Figura 18. Días transcurridos hasta la germinación de semillas previamente embebidas en AS a diferentes concentraciones y agua destilada (control)

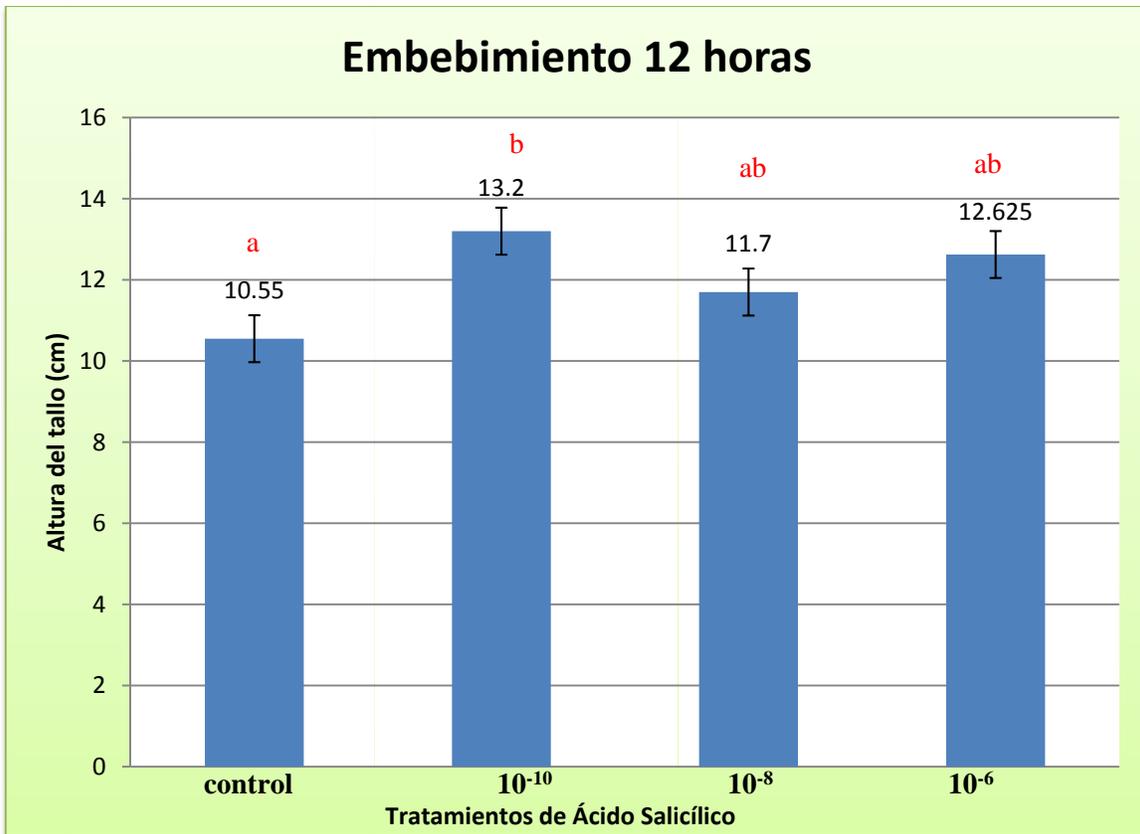


Figura 19. Altura de plántulas de *Brosimum alicastrum*, derivadas a partir de semillas embebidas en ácido salicílico por 12 horas. Cada dato es el promedio de la altura de cinco individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

En esta figura se puede visualizar claramente que el embebimiento de las semillas con ácido salicílico a 12 horas bajo el tratamiento  $10^{-10}$  M tiene un efecto significativo en el crecimiento del tallo en relación al control.

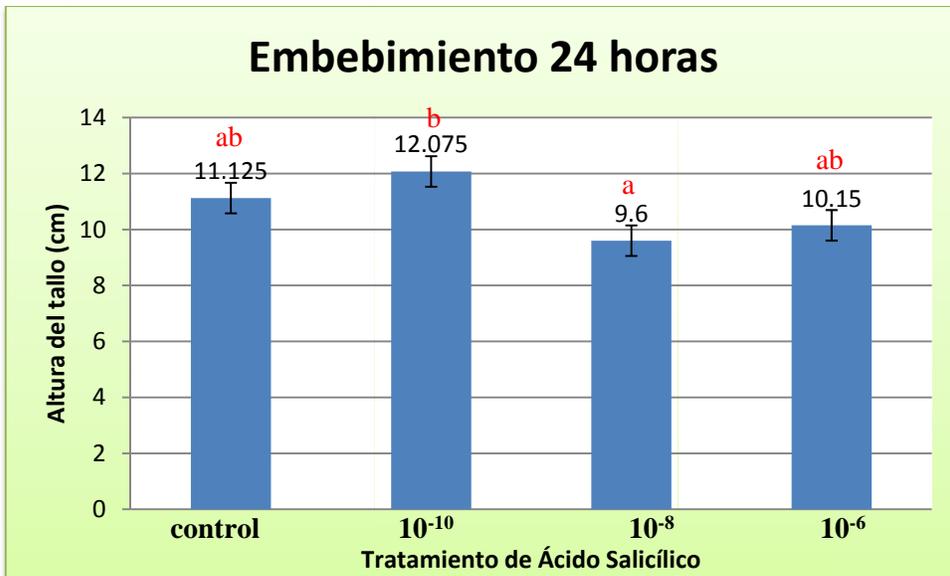


Figura 20. Altura de plántulas de *Brosimum alicastrum* desarrolladas a partir de semillas embebidas en ácido salicílico por 24 horas. Cada dato es el promedio de la altura de cinco individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

La siguiente figura se hace referencia al efecto en el crecimiento del tallo con embebimiento de las semillas en ácido salicílico por 24 horas, es significativamente diferente entre los tratamientos  $10^{-10}$  M y  $10^{-8}$  M pero no con relación al control.

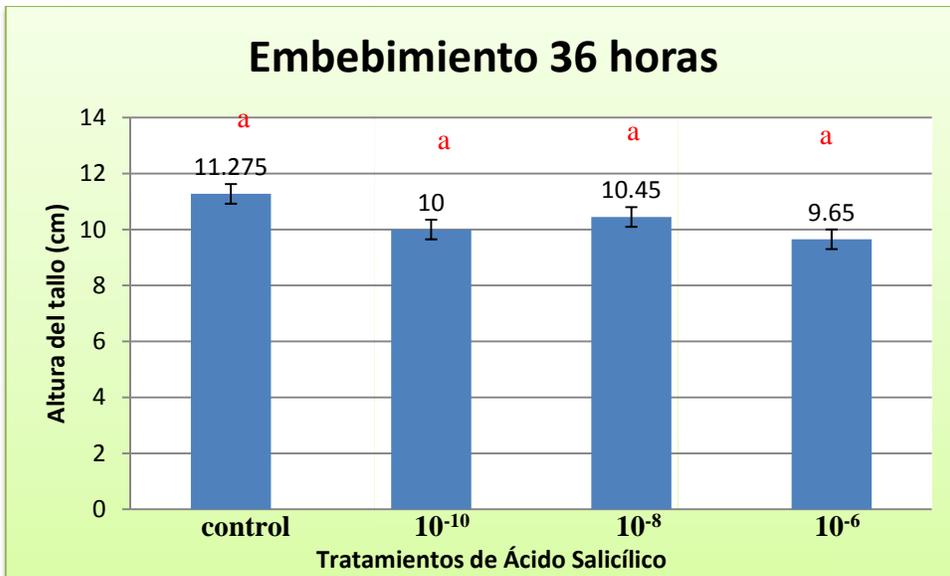


Figura 21. Altura de plántulas de *Brosimum alicastrum* desarrolladas a partir de semillas embebidas durante 36hrs en ácido salicílico. Cada dato es el promedio de la altura de cinco individuo mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

En esta figura se muestra el efecto que tuvo el AS en el embebimiento de las semillas a 36 horas y se observa un efecto inhibitorio del AS en el desarrollo del tallo en relación al control.

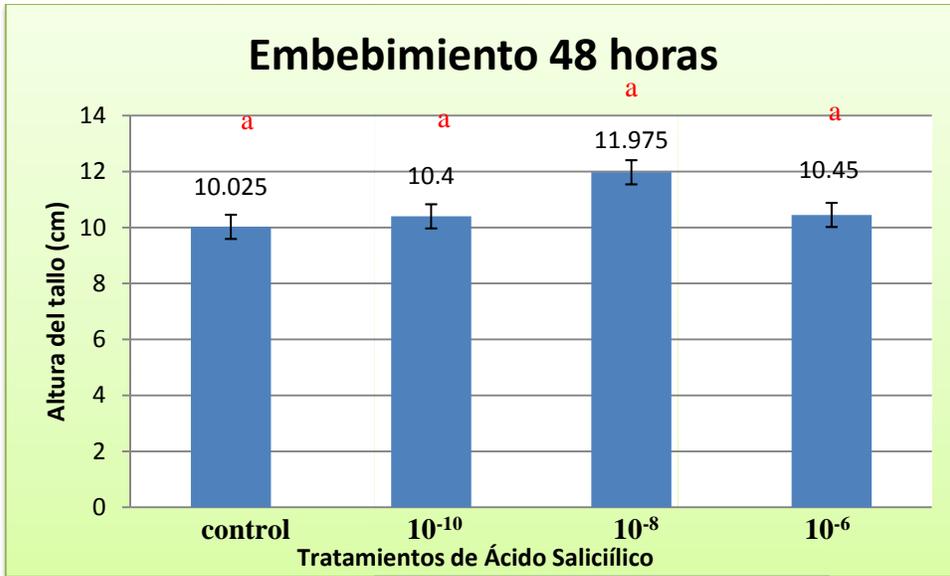


Figura 22. Altura de plántulas de *Brosimum alicastrum* derivadas a partir de semillas embebidas por 48 hrs en ácido salicílico. Cada dato es el promedio de la altura de cinco individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

En esta figura se presenta la respuesta que tuvo la semilla al embebimiento por 48 horas y de nuevo se hace referencia al considerable incremento en los centímetros del tallo bajo los tratamientos de AS en relación al control. Aunque con base en la prueba estadística no se considera significativo, se muestra una tendencia de crecimiento en la planta.

### c) RESULTADOS BIOENSAYO 3

A los 17 días de la siembra, se realizó la primera aspersión individual hasta punto de goteo. En total fueron 10 aspersiones por planta (3 veces por semana) el experimento tuvo una duración de 41 días después de la siembra.

Los resultados derivados del experimento de aspersión de las plántulas con ácido salicílico a concentraciones molares de  $10^{-6}$  M ,  $10^{-8}$  M ,  $10^{-10}$  M y el control con agua destilada arrojan lo siguiente:

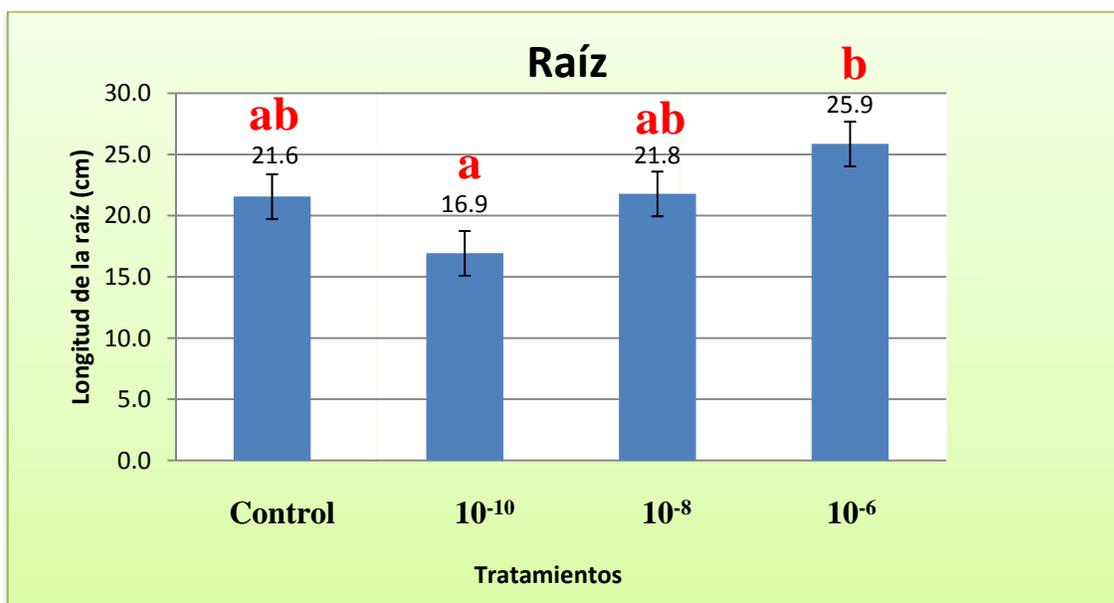


Figura 23. Longitud de la raíz de plántulas de *Brosimum alicastrum* asperjadas a diferentes concentraciones de ácido salicílico. Cada dato es el promedio de la longitud de la raíz de seis individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

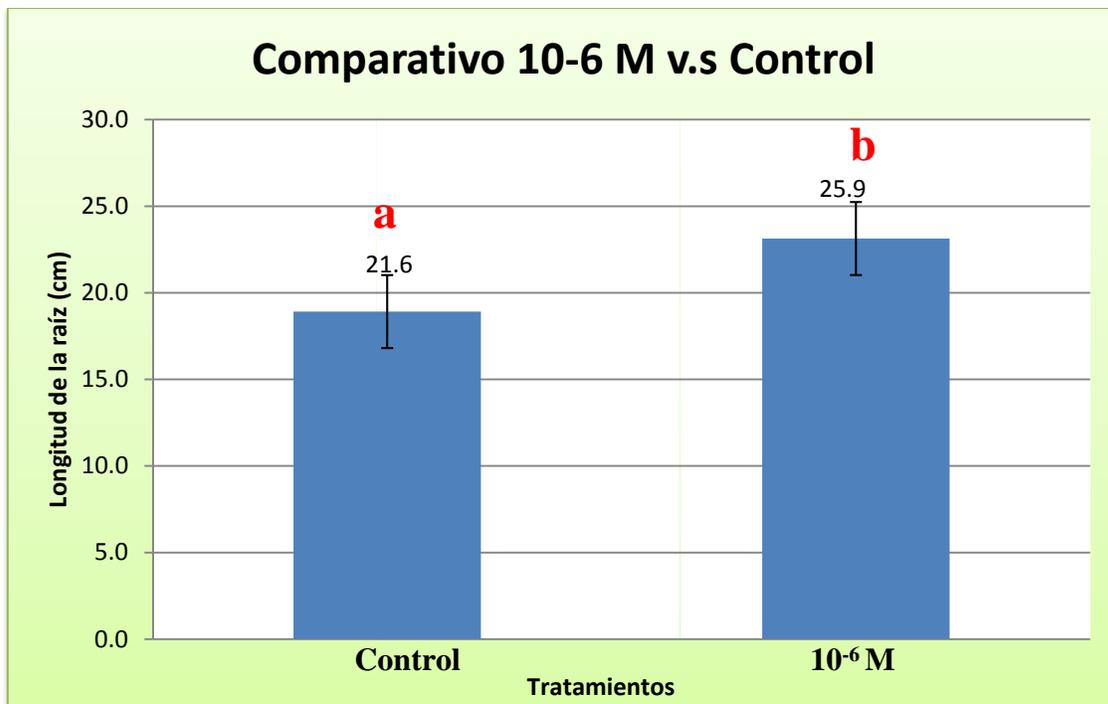


Figura 24. Longitud de la raíz de plántulas de *Brosimum alicastrum* asperjadas con AS a una concentración de  $10^{-6}$  M v.s el control. Cada dato es el promedio de la longitud de la raíz de seis individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

La comparación entre el tratamiento  $10^{-6}$  M y el control y en base al análisis estadístico de Fisher este sí se considera significativo lo que demuestra que las plántulas asperjadas con AS en específico con la concentración  $10^{-6}$  M estimulan el crecimiento significativo de la raíz.

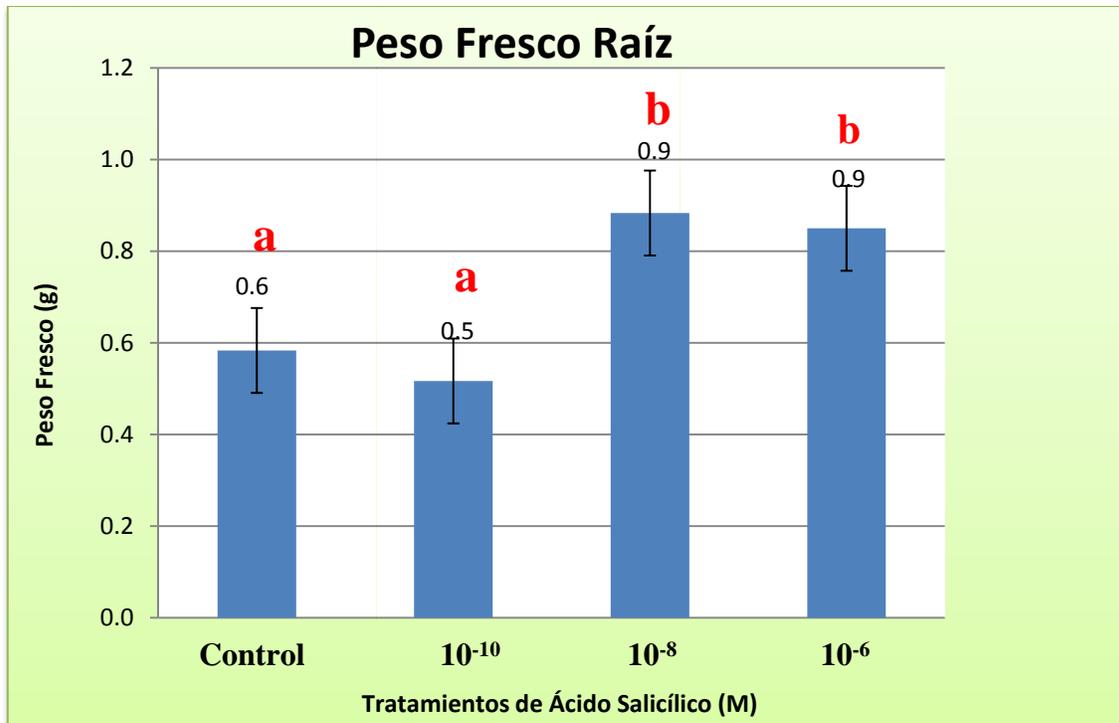


Figura 25. Peso fresco de la raíz de plántulas de *Brosimum alicastrum* asperjadas con ácido salicílico a diferentes concentraciones. Cada dato es el promedio de la longitud de la raíz de seis individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

Las plántulas bajo los tratamientos de AS mostraron un mayor peso fresco que hace referencia a la cantidad de agua retenida en el tejido apical. Es decir las plántulas bajo estos tratamientos tienden a retener mayor índice de agua que las plántulas sin el AS.

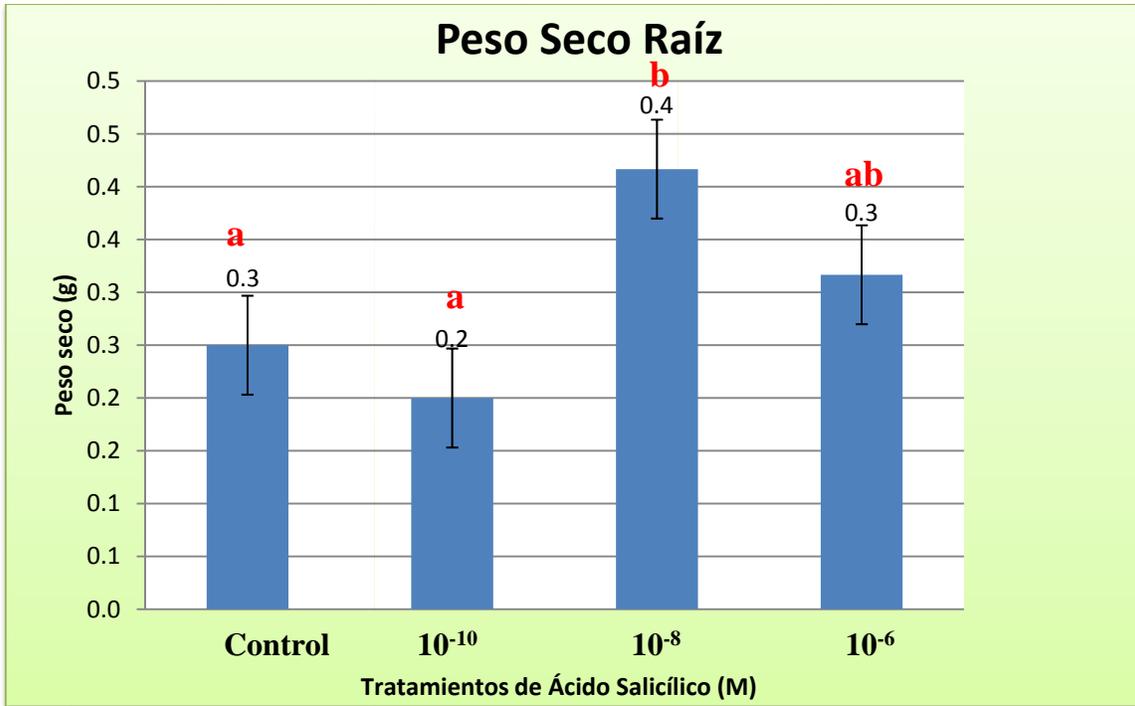


Figura 26. Peso seco de la raíz de plántulas desarrolladas bajo aspersiones de ácido salicílico a diferentes concentraciones. Cada dato es el promedio de la longitud de la raíz de seis individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

El tratamiento 10<sup>-8</sup> M el cual muestran una considerable formación de tejido apical en comparación al control.

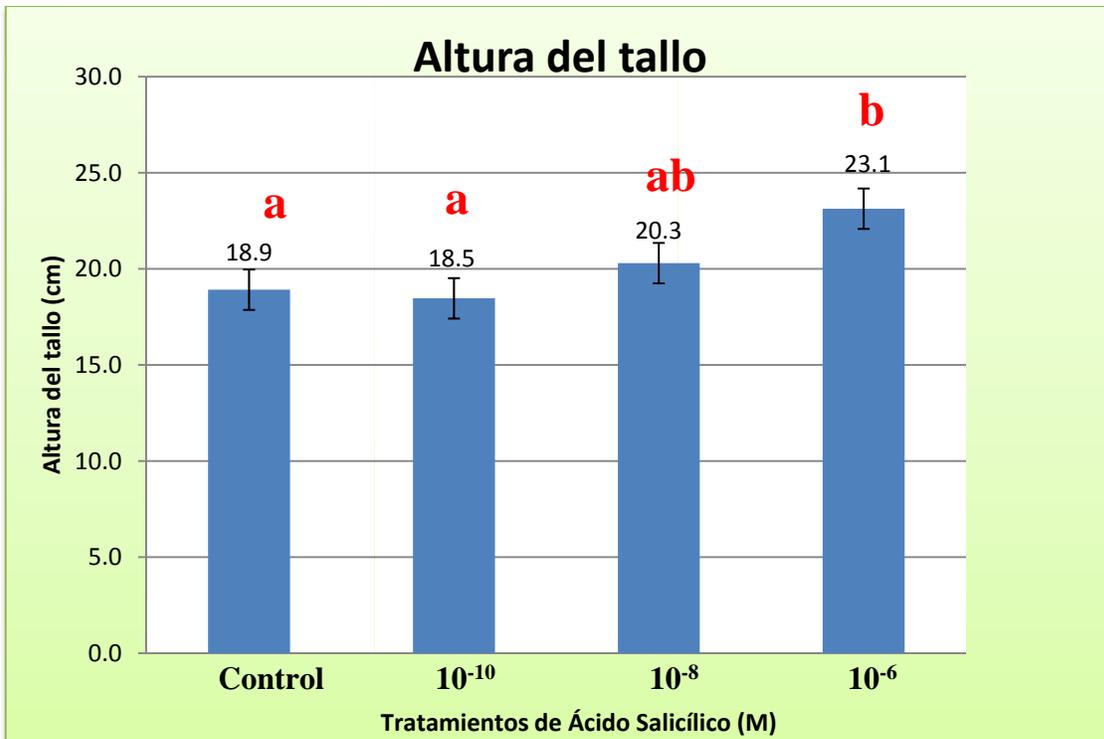


Figura 27. Altura del tallo de plántulas desarrolladas bajo aspersiones de ácido salicílico a diferentes concentraciones. Cada dato es el promedio de la longitud de la raíz de seis individuos mas menos el error estándar. Literales diferentes muestran diferencia significativa. P= 95.0% LSD.

Existe un notable crecimiento del tallo en las plántulas de ramón asperjadas con AS en comparación al control. Siendo el tratamiento 10<sup>-6</sup> M quien muestra un mejor resultado.

## 11 DISCUSIÓN

Se ha demostrado que el uso del ácido salicílico a concentraciones de  $10^{-6}$ M o menores estimulan positivamente la elongación de la raíz, algunas de las especies en las que se corrobora su eficacia son: *Capsicum annum*, *Lycopersicum esculentum*, *Pinus patula*, *Cucumis sativum*, entre otros (Larqué-Saavedra *et al.*, 2012). Los resultados obtenidos y que se reportan en el presente documento señalan que la concentración de  $10^{-6}$ M afecto positivamente la elongación de la raíz, como ha sucedido en otras especies.

Si bien ya se ha demostrado la respuesta de algunas especies hortícolas a la aspersión de ácido salicílico aun no existe reporte sobre uso de ácido salicílico en arboles perennes, sin embargo dado los resultados obtenidos en los experimentos se puede demostrar que el ácido salicílico funciona de la misma manera a nivel hormonal en la plántula de ramón, estimulando el crecimiento de la raíz y elongación del tallo. El mecanismo de acción del ácido salicílico sigue siendo demasiado complejo para darle una explicación sencilla a estas respuestas. Aunque bien se puede explicar que la retención de agua en las plántulas de ramón se debe a que el ácido salicílico causa el cierre estomático de la planta lo que reduce la pérdida de agua a través de la evaporación, lo que promueve la retención de agua en las plantas y por consiguiente se ve reflejado en el peso fresco. El incremento de la raíz y tallo se debe a que el AS actúa en una de las vías metabólicas de la planta encargada del crecimiento y multiplicación celular lo que da como resultado el aumento en el tamaño de ciertas partes de la planta como son la raíz y tallo.

Los resultados obtenidos son de particular importancia porque es el primer reporte del efecto del AS en una planta leñosa del trópico mexicano, más aún porque permitirá hacer estudios para evaluar si el incremento en longitud, peso seco y peso fresco detectado en el presente estudio podría tener efecto, en la absorción de nutrientes, en la floración, etc. tal y como ha sido reportado para hortalizas (Larqué-Saavedra *et al.* 2007, 2012). Especial consideración debe prestarse al hecho de que se trata de una especie de la familia Moraceae perenne que responde a un tratamiento de estimuladores del crecimiento, en donde es muy importante que el sistema radical se fortalezca para su mejor establecimiento, ya que se ha propuesto sembrar esta especie en plantaciones comerciales.

Aun no se tiene registro o resultados sobre la imbibición de la semilla de ramón en ácido salicílico. Sin embargo, Doria-Jessica *et al.* (2010) reporta que embeber las semillas en agua acelera la germinación de las semillas derivado del hinchamiento de la semilla por retención de agua que da como consecuencia la ruptura de la testa y aumentando así la disponibilidad del embrión al O<sub>2</sub> proceso importante para lograr una germinación exitosa. Es por eso que en el bioensayo se llevo a cabo la comparación de acuerdo a lo reportado anteriormente y se dejaron semillas a embeber con testa y tegmen mientras que a otras se les retiro la testa y el tegmen. Como resultado se obtuvo que las semillas a las cuales se les retiró previamente la testa y tegmen después de 24 horas de embebimiento tuvieron una germinación en menor tiempo que las semillas a las cuales no se les retiró. Como lo demuestra, Doria-Jessica *et al.* (2010) las semillas que tengan mayor disponibilidad al O<sub>2</sub> durante el embebimiento llevará a cabo más rápido el proceso de germinación, ya que el embrión se encuentra saturado de este compuesto el cual es fundamental para llevar a cabo los procesos metabólicos y síntesis de nutrientes que propician el crecimiento de la raíz y posteriormente del tallo.

## 12 CONCLUSIONES

Las semillas de *Brosimum alicastrum*, sin testa y tegmen, germinan en menor tiempo

El embebimiento de las semillas de *Brosimum alicastrum* en AS no redujo el tiempo de su germinación

La aspersion de las hojas de *Brosimum alicastrum* con AS, en una concentración  $10^{-6}$  M, indujo la elongación de la raíz y longitud del tallo

## 13 RECOMENDACIONES

Como resultado de la experiencia obtenida en este trabajo, se propone:

Colectar semillas frescas de preferencias directamente del árbol al visualizar la madurez del fruto

Retirar la cubierta papirácea y dejar secar la semilla a una temperatura constante de 24°C por 48 horas para facilitar el retiro de las testas

Retirar ambas capas de la testa y embeber por 24 horas en solución de ácido salicílico  $10^{-10}$  M por 12 horas, o bien embeber por 24 horas en agua destilada

Sembrar las semillas en sustrato agrolita y de preferencia resguardarlas a un rango de temperatura de 28 a 30° C

Una vez que las plántulas presenten las primeras hojas verdaderas realizar 10 aspersiones tres veces por semana de AS  $10^{-6}$  hasta punto de goteo, para estimular el crecimiento de la raíz

## 14 BIBLIOGRAFÍA

Aristeo-Cortés, P. 1998 Reguladores De Crecimiento Xiv: Efectos Del Ácido Salicílico Y Dimetilsulfóxido En El Crecimiento De Zanahoria, Betabel Y Rábano. Tesis De Licenciatura. Facultad De Ciencias, Unam. México. 123pp.

Berg C. C. (1972) *Brosimum alicastrum* Sw. Flora Neotropica. Monograph 7:170-171.

Berjak, P. y N. Pammenter. 2004. Recalcitrant seeds. 305-345.

Bewley, J.D. y M. Black. 1994. Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 445pp.

Burns, R.M. Y Mosquera, M. (1988). Árboles Útiles De La Parte Tropical De América Del Norte. Comisión Forestal De América Del Norte, Publicación 3. Washington Dc, E.U.

Camacho, F. 1994 Dormición de semillas: causas y tratamientos. México, DF: Editorial Trillas, 128pp.

Chacón, P. y R.O. Bustamante. 2001. The effects of seed size and pericarp on seedling recruitment and biomass in *Cryptocarya alba* (Lauraceae) under two contrasting moisture regimes. *Vegetation* 152 (2), 137-144.

CONABIO. 1972. *Brosimum alicastrum* Sw. subsp. *alicastrum*. Flora Neotrópica. 7: 170-171.

Disponible en:

[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/47-morac1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/47-morac1m.pdf)

Daws, M., N. Garwood y H. Pritchard. 2005. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá. *Func. Ecol.* 19, 874-885.

Doria, Jessica. 2010. Generalidades Sobre Las Semillas: Su Producción, Conservación Y Almacenamiento. Vol.31, 74-85.

Farnsworth, E. 2000. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 31, 107-138.

Farrant, J.M., N.W. Pammenter y P. Berjak. 1993. Seed development in relation to desiccation tolerance: a comparison between desiccation sensitive (recalcitrant) seeds of *Avicennia marina* and desiccation tolerant types. *Seed Sci. Res.* 3, 1-13.s. 9 (19): 27-53.

Foster, S.A. 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. *Bot. Rev.* 52, 260-299.

Gentil, D.F.O. (2001). Conservação De Sementes Do Cafeeiro: Resultados Discordantes Ou Complementares. *Bragantia* 60(3), 149-154.

Gutiérrez-Coronado, M.; Trejo, C. And A. Larqué-Saavedra. 1998. Effects Of Salicylic Acid On The Growth Of Roots And Shoots In Soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36(8):563-565.

Kainer, K., M. Duryeaa, M. Malavasi, E. Rodrigues da Silva y J. Harrison. 1999. Moist storage of Brazil nut seeds for improved germination and nursery management. *Forest Ecol. Manag.* 116, 207-217.

Kermode, A.R. y W.E. Finch-Savage 2002. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In: Black, M. y H.W. Pritchard, editors. *Desiccation and survival in plants. Drying without dying.* CABI Publishing. 149-184.

Lambert, J. D. Arnason, J. T. (1982). Ramón and Maya Ruins: An Ecological, Not An Economic, Relation. *Science*: 216-298.

Larqué-Saavedra A. 2011. Propuesta de un sistema forestal productor de semillas para reducir la importación de granos. *La Crónica de Hoy*. En:[http://www.cronica.com.mx/notaOpinion.php?id\\_notas=571026](http://www.cronica.com.mx/notaOpinion.php?id_notas=571026).

Larqué-Saavedra, A. 1978. The Antitranspirant Effects Of Acetylsalicylic Acid On *Phaseolus Vulgaris*. *Physiol. Plant.* 43:126-128.

Larqué-Saavedra, A. 1979. Studies on the effect of prostaglandins on four plant bioassay systems. *Z. Pflanzenphysiol.*, 92 (3): 263-270.

Larqué-Saavedra, A. y Martín-Mex, R. 2007. Effect Of Salicylic Acid On The Bioproductivity Of Plants. In: Salicylic Acid: A Plant Hormone. Eds. S. Hayat And A. Ahmad. Springer. The Netherlands. 15-24.

Leprince, O., G.A. Hendry y B.D. McKersie. 1993. The mechanism of desiccation tolerance in developing seeds. *Seed Sci. Res.* 3, 231-24.

Martínez Esteban y Galindo-Leal Carlos. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (redalyc)*. 71: 7-32.

Martin-Mex, R., Villanueva Cohuo, E., Uicab-Quijano, V., y Larque-Saavedra, A, 2003. Positive effect of salicylic acid in flowering of gloxinia. *Proceedings 31st Annual Meeting. Plant Growth Regulation Society of America.* August 3-6. 149-151.

Mata, D.I. y P. Moreno-Casasola. 2005. Effect of in situ storage, light, and moisture on the germination of two wetland tropical trees. *Aquat. Bot.* 83, 206-218.

Morales-Ortiz Edgar R., Herrera-Tuz Luis Gerardo. 2009. Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz.) Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje. Programa de Germoplasma Forestal CONAFOR, Yucatán

Moreno, F., G. Plaza y S. Magnitskiy. 2006. Efecto de la testa sobre la germinación en semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.). *Agron. Colomb.* 25 (1), 290-295.

Mwang'Ingo, P., Z. Teklehaimanot, S. Maliondo y H. Msanga. 2004. Storage and pre-sowing treatment of recalcitrant seeds of Africa sandalwood. *Seed Sci. Tech.* 32, 547-560.

National Academy Of Science (1975). *Brosimum Alicastrum*. Underexploited Tropical Plants With Promising Economic Value. Washinton, D. C: National Academy Of Science. 114-116.

Ortiz M, Azañón Y, Melgar M, Elias L. 1995 The corn tree (*Brosimum alicastrum*): a food for the tropics. In Simopoulos, AP, ed. *Plants in Human Nutrition, World Review of Nutrition and Diabetics*. Basel, Switzerland: Karger Publishers. 134-146.

Pardo-Tejeda E. y Sánchez, C. M. (1980). *Brosimum alicastrum*, recurso silvestre tropical no aprovechado. 2da ed. Xalapa-Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 30pp.

Paredes, C. H. Bioquímica de la germinación. Agricultura y ganadería, 2007. <http://www.monografias.com/traba-jos59/bioquimicagerminacion/bioquimica-germinacion2.shtml>

Pennington, T.D. Y J. Sarukán. 1968. Árboles tropicales de México. Segunda Edición. UNAM - Fondo De Cultura Económica. México, D.F.

Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur S.A. Physiology. Food Products Press, New York. 281pp.

Peters, C.M. y Pardo-Tejeda, E., 1982. *Brosimum alicastrum* (Moraceae) : uses and potential in Mexico. Econ. Bot., 36: 166-175.

Popova L., T. Panchera y A. Uzunova., 1997. Salicylic acid properties, biosynthesis and physiological role. 85-93.

Prosefor, Nota Técnica Sobre Manejo De Semillas Forestales No. 88. 2pp.

Pukacka, S. y E. Ratajczak. 2005. Antioxidative response of ascorbateglutathione pathway enzymes and metabolites to desiccation of recalcitrant *Acer saccharinum* seeds. J. Plant Physiol.

Puleston, D. E. 1971. An experimental approach to the function of classic Maya chultuns. American Antiquity; 36(3):322-335pp.

Puleston, D.E. 1968. "*Brosimum alicastrum* as subsistence alternative for the Classic maya of the Central southern lowlands" tesis de maestría, university of pennsylvania, Filadelfia.

Raskin, I. 1992. Role Of Salicylic Acid In Plants. Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43:439-463.

Rico Gray, V; Gómez Pompa, A; Chan, C. 1985. Las selvas manejadas por los mayas de Yohaltun, Campeche, México. Biótica (4): 321-327.

Sánchez-Velázquez L. R., Quintero-Gradilla S., Aragón-Cruz F., Pineda-López Ma.R. 2004. Nurse for *Brosimum alicastrum* reintroduction in secondary tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*. 198: 401-404.

Sandoval-Yepiz, M. R., 2004. Reguladores de crecimiento XXIII: Efecto del ácido salicílico en la biomasa del cempazuchitl (*Tagetes erecta*) Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario, Conkal, Yucatán, México.

Soihet, C. Y J.M. Méndez. 1997. Notas Sobre Manejo De Semillas Forestales. No. 24. Catie. Turrialba, Costa Rica.

Toledo, E., Rincón, C. 1999. Utilización Industrial De Nuevas Especies Forestales En El Perú. Perú, Cámara Nacional Forestal, Instituto Nacional De Recursos Naturales –Irena-, Dirección General Forestal. Segunda Edición. 240p.

Valdivia, S.V. 1996. Efecto del follaje de *Brosimum alicastrum* Sw. Sobre el consumo, degradación y suministro de nitrógeno microbiano al duodeno en ovinos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma De Yucatán. 190pp.

Valla, J. J.1995. Botánica. Morfología de las plantas superiores. Buenos Aires. Editorial. Hemisferio Sur. 9na reimpresión. 267-305.

Vega-López Adrián, Valdez-Hernández Juan Ignacio, Cetina-Alcalá Víctor Manuel.2003. Zonas ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la costa del Pacífico Morton JF. Some folk-medicine plants of Central American markets. *Quart J Crude Drug Res*;15:165-192.

Zavala, F. 2004. Deshidratación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. *Ciencia Ergo Sum* 11(2), 177-185.