

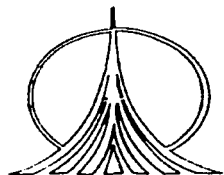


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

**“El género *Acacia*, una alternativa para
recuperar la cubierta vegetal arbórea
en el sitio post-clausura parque Cuicláhuac
de Santa Cruz Meyehualco, D.F.”**

T E S I S
Que para obtener el Título de
B I O L O G O
P r e s e n t a n
María Guadalupe López Soto
Carlos Martín Pérez Márquez



Unidad en la diversidad

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D.F. Octubre de 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

	Página
I. Resumen	1
II. Introducción	3
III. Revisión Bibliográfica	5
IV. Características del Género <i>Acacia</i>	26
Características <i>Acacia saligna</i> , Wendl	27
Características <i>Acacia neriifolia</i> , Cunn	28
V. Justificación	29
VI. Localización y Descripción de la Zona de Estudio	31
VII. Objetivo General	34
Objetivos Particulares	34
Hipótesis	34
VIII. Método	35
IX. Resultados y Discusión	38
1. Colecta para Herborización	38
2. Relación Porcentual <i>saligna</i> – <i>neriifolia</i>	38
3. Características Físicas y Químicas del Sustrato	39
4. Situación Actual de los Árboles en el Sitio	44
5. Análisis Estadísticos	58
6. Situación en un Sitio No Perturbado	59
7. Viabilidad en Semillas <i>saligna</i> y <i>neriifolia</i>	64
8. Prueba de Germinación para <i>saligna</i> y <i>neriifolia</i>	65
9. <i>Rhus copallina</i> , L	69
X. Conclusiones	70
XI. Recomendaciones	72
XII. Bibliografía	73

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

✚ Biól. Ma. de los Angeles Galván Villanueva por su apoyo en el desarrollo de esta tesis.

✚ Biól. Ramiro Ríos Gómez deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento por su tiempo, apoyo, interés y valiosos comentarios que contribuyeron de manera muy especial en la realización de este trabajo.

✚ M. en C. Armando Cervantes Sandoval por su oportuna y acertada asesoría en los conceptos estadísticos, así como sus valiosas sugerencias.

✚ Biól. Leticia López Vicente por sus comentarios hechos a este trabajo.

✚ Biól. Ana Laura Maldonado Tena por sus aportaciones para la mejora de este proyecto.

✚ Biól. Genoveva Villalobos Contreras por su tiempo y colaboración en la determinación del material colectado del arbolado.

✚ Biól. Dora A. Longares Méndez por su interés en la presentación de dicho trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS
Ma. Guadalupe López Soto

- A Él, Porque la hoja del árbol no se mueve sin la mano de Dios.
- Quiero dedicar este trabajo a quienes tanto amo y extraño, por su apoyo y confianza: a mis padres Rafael y Juana, pero muy en especial a mi Madre.
- A mi esposo Martín J. por estar conmigo, por su interés, preocupación y amor.
- A mis hijos Laura y David por soportar todos aquellos momentos desagradables en los que estuvieron solos.
- A mi hermana Carmela no tengo palabras para agradecer todo lo que ha hecho por mí.
- A mis sobrinos: Rocío y Liz (por su apoyo), a Marco (por su preocupación) y a ti Oscar (por tu confianza, paciencia y cariño).
- A mis hermanos por serlo.
- A mi suegra ya que en cada momento confío en mi.

TESIS CON
FALLA DE TIPOGRAFIA

AGRADECIMIENTOS
Carlos M. Pérez Márquez

- ~ A mi madre, por quien gracias a su cariño, consejo y apoyo debo mucho de quien soy.
- ~ A mis hermanos Oscar y Raúl por su paciencia durante mis años de estudio.
- ~ A mi esposa Rosa por su paciencia y apoyo.
- ~ A mis hijos Iván, Ismael e Iris Melissa por el tiempo que no compartí con ellos mientras realicé este trabajo.
- ~ A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme formar parte de su historia.
- ~ Pero sobre todo a Dios porque sin yo merecerlo me ha prestado la vida y el tiempo necesarios para culminar con el anhelo más grande que he tenido.

TESIS CON
FALLA DE URGEN

I. RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en la zona deportiva del Parque Cuitláhuac de la delegación Iztapalapa en la ciudad de México, del mes de junio de 2000 hasta abril de 2001 mediante el estudio de dos especies del género *Acacia*.

El objetivo principal fue evaluar el estado actual de las especies de *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia* como una alternativa segura para introducirse a sitios perturbados.

Para ello se hicieron pruebas de viabilidad y germinación en semillas de ejemplares de las dos especies del sitio, así como una evaluación de los 120 árboles de la zona de estudio a través de la medición de 9 atributos, realizando además un seguimiento periódico al 10% de ellos. Además se hizo una caracterización del sustrato del sitio mediante análisis físicos y químicos. También se estudiaron los atributos de 12 árboles (6 de cada especie en estudio) en un sitio no perturbado (ENEP Aragón) para comparar sus resultados con los de los individuos del sitio perturbado.

El resultado de la prueba de viabilidad fue del 90% para *Acacia saligna* y del 98% para *Acacia neriifolia*. Con respecto al resultado de la prueba de germinación fue del 71.7% para *Acacia saligna* y del 94.5% para *Acacia neriifolia*. Para el estudio de los árboles se hizo el seguimiento en tres fechas: la primera el 27 de octubre de 2000, la segunda el 10 de diciembre del mismo año y la tercera el 31 de marzo de 2001. Los resultados promedio que se obtuvieron fueron: dosel de 4.05 m, altura de 4.84 m, diámetro de tallo de 22.8 cm, color de peciolo gris verdoso oscuro y vigor del mismo de bueno a regular, necrosis en éste del 14 y en fronda del 20%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para el análisis del sustrato los resultados fueron: de color negro a café grisáceo oscuro (en húmedo), pH de ligeramente ácido (6.76) a moderadamente alcalino (7.97), no salino por haberse obtenido una conductividad eléctrica de 0.73-1.48 dSm⁻¹ y de contenido medio (2.1%) a extremadamente rico (6.6%) en materia orgánica. Todo esto muestra lo heterogéneo del sustrato.

En cuanto a los árboles del sitio no perturbado los resultados promedio fueron: dosel de 6.7 m, altura de 5.6 m, diámetro de tallo de 49.4 cm, color de peciolo gris verdoso oscuro, vigor de peciolo de bueno a regular, necrosis de éste del 2.0% y en fronda del 5.0%. No hay diferencias significativas entre los individuos del sitio de estudio y los del lugar no perturbado.

Al hacer la correlación entre los análisis del sustrato y los atributos de los árboles en estudio se tuvieron algunas diferencias entre ellos y se observó que el principal factor limítrofe para el crecimiento y desarrollo de la vegetación arbórea es el agua, pues ni la presencia de sales ni las altas temperaturas del sustrato los afectan considerablemente.

En cuanto a las pruebas estadísticas de análisis de varianza se encontró que no hay concordancia entre los resultados obtenidos por este método y los obtenidos de manera real en campo y en laboratorio, por lo cual se desistió de continuar con esta prueba estadística.

Se concluyó que *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia* se encuentran en buenas condiciones y pueden introducirse a sitios similares aún con lo heterogéneo del sustrato y con las condiciones adversas que éste presenta, siendo una alternativa para recuperar la cubierta vegetal arbórea en función al elevado tiempo de permanencia en el sitio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. INTRODUCCIÓN

El hombre hundió su bieldo y resopló. Levantó la vista y satisfecho pensó para sí mismo: "es más que suficiente". Juntó el papel, el vidrio, las botellas, el fierro, los envases plásticos, el hueso; separó los alimentos que encontró y junto con su familia cargaron todo para vendérselo a sus patrones. Un día más terminaba en el tiradero de basura, una comida más con lo que se había encontrado para él y para sus animales, algo de dinero para sobrevivir y emborracharse. Un día más en espera de la siguiente jornada.

Esta imagen, que tiene como marco una extensa superficie de varias hectáreas rodeadas por montañas de basura, con cientos de puercos, vacas y burros comiendo entre los desperdicios, con buitres y zopilotes peleándose por la carroña de un perro muerto, con niños jugando con una pelota desinflada o con pedazos de juguetes rotos y viejos, con los miles de enjambres de moscas zumbonas que se impactan en las caras de la gente y el olor..., ese olor nauseabundo que se produce con el sol de mediodía no es un cuadro imaginario, es un retrato actual común en los tiraderos a cielo abierto que hay por todos los países en Vías de Desarrollo (Castillo, 1990).

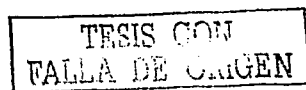
En la actualidad, el ser humano ha perdido la capacidad de manejar sus residuos sólidos sin generar alteraciones ambientales, habilidad que identificó a las sociedades primitivas promotoras y antecesoras de las actuales. Por lo anterior, es vital que, al igual que el hombre de las primeras civilizaciones, alcance un amplio conocimiento de su medio, de manera tal que le permita llevar una convivencia más racional e inteligente con la naturaleza, así como evitar el deterioro ambiental causado por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, sobre todo en lo que se refiere a la disposición final de los mismos, dada su directa incidencia con la afectación de la salud pública y de ambiente, sin olvidar

TESIS CON
FALLA DE CARGEN

los problemas de queja pública y deterioro de la estética cuando la disposición final de tales residuos se hace sin cumplir con los requerimientos normativos actuales que le permitan controlarlos sanitariamente (NOM 083 ECOL/96; NOM 084 ECOL/96).

Desafortunadamente en el medio mexicano el método más generalizado para llevar a cabo la disposición final de los residuos sólidos sigue siendo el "tiradero a cielo abierto". Práctica que consiste en depositar, sin ningún control, los residuos sólidos sobre el suelo. Por lo anterior, es importante fomentar el empleo del relleno sanitario como método de disposición final de los residuos sólidos municipales con el fin de confinarlos adecuadamente, sin deteriorar su entorno ambiental. He aquí la importancia de incluir dentro de su conceptualización, aquellas medidas y mecanismos que tanto en la etapa de construcción (NOM 083 ECOL/96) como en la de operación (NOM 084 ECOL/96), eviten la generación de efectos que perjudiquen el ambiente, como son principalmente el biogás y los líquidos percolados, (Sánchez, 1990; Schrab, *et al.*, 1993; Loizidou y Kapetanios, 1992; Iza, *et al.*, 1992; O'Connor, *et al.*, 1990; Tosh, *et al.*, 1994 y Wong, *et al.*, 1992). Pero además de establecer un relleno sanitario con toda la normatividad posible, también es necesario integrar el lugar al paisaje de la zona circundante. En países como Estados Unidos la rehabilitación de algunos sitios es de tal calidad que hasta campos para jugar golf se han logrado establecer con gran éxito. En México, aunque aún no se alcanza tal magnitud en la rehabilitación de este tipo de sitios, sí se han comenzado a construir algunos rellenos sanitarios, sólo que ahora hay que dar el siguiente paso, es decir, darles un uso post-clausura que permita por una parte aprovechar con fines recreativos y/o deportivos el sitio y por otra evitar que por efectos de la erosión afloren nuevamente los desechos sólidos con la subsiguiente problemática.

Hay que asumir el compromiso de devolverle a la naturaleza parte de lo que le hemos arrebatado.



III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los gases principales producidos por la descomposición anaerobia de los residuos de un vertedero clausurado son CO_2 y CH_4 . Se ha comprobado que altas concentraciones de CO_2 son directamente tóxicas para las plantas, aunque el CH_4 aisladamente no es fitotóxico. Su daño consiste en provocar condiciones anaerobias que son perjudiciales para las plantas en la zona de la rizósfera. Y otros, como el H_2S y el C_2H_4 son tóxicos para ellas incluso en concentraciones muy pequeñas (Tchobanoglous, 1998). Además, como el agua se percola a través de los desechos sólidos domésticos que se encuentran depositados, ésta disuelve los componentes orgánicos e inorgánicos y los productos de descomposición dan como resultado un líquido contaminante llamado lixiviado cuya composición es variable y depende de muchos factores, por ejemplo, en lixiviados de desechos depositados recientemente con frecuencia contienen altos niveles de Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, nitrógeno amoniacal y metales tales como hierro, manganeso, calcio y algunas veces cinc. Por otro lado, los lixiviados de desechos viejos pueden ser menos fuertes (Mendes, *et al*; 1989), aunque las concentraciones de amoniaco presentes pueden permanecer elevados por muchos años (Robinson y Maris, 1983).

Debido a ello, es importante conocer el estado actual de la disposición final de los residuos sólidos para describir las diferentes etapas que integran a dichos sistemas.

El término "residuo sólido" conlleva los siguientes aspectos:

- a) Son materiales que, en el tiempo y en el espacio, no tienen ningún valor para quienes los generan.
- b) Son materiales con cierto riesgo de afectación para la salud pública.

- c) Son materiales que requieren un manejo lo suficientemente seguro para evitar daños al ambiente.
- d) Son materiales que, al no ser atendidos, generan problemas de inquietud social y de afectación a la estética.
- e) Son materiales cuyo manejo requiere de un determinado costo, el cual se incrementa en función del riesgo que representa dicho manejo.
- f) Son materiales que tienen un cierto valor intrínseco, así como una cierta vocación para su aprovechamiento (Sánchez, 1990).

Por otro lado, los residuos sólidos conforman un ciclo compuesto de diferentes etapas estrechamente vinculadas, para que a partir de la misma producción de los artículos de consumo se inicie la generación de tales residuos, pasando por el almacenamiento, colecta, transferencia, transporte primario, secundario y también el tratamiento y disposición final de los mismos, por lo que cualquier cambio o modificación que sufra alguna de ellas, habrá de generar un efecto directo sobre las demás (Sanchez, 1990; Unda, 1969; Caparó, 1983). También existe el llamado Ciclo de la basura que consiste en los siguientes pasos: generación, recolección, transporte, selección, reciclaje, destino, depósito e industrialización (López, 1986). Ahora bien, en el momento de la clausura del sitio, se debe desarrollar un plan de mantenimiento post-clausura, el cual incluya una serie de actividades continuas, empezando con la supervisión de los controles ambientales, de acuerdo a la normatividad actual (NOM 084 ECOL/96):

- a) Inspecciones rutinarias
- b) **Mantenimiento de la infraestructura:**
 - Geomembrana y paisajismo
 - Sistemas de control del drenaje
 - Sistemas de recuperación y tratamiento del gas
 - Recolección y tratamiento de lixiviados
- c) Monitoreo ambiental permanente (Tchobanoglous, 1998).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

No obstante la importancia que en todo el mundo han cobrado los asuntos ecológico-ambientales, y a pesar de la mayor utilización que en los últimos años ha tenido el relleno sanitario en América Latina como método de disposición final de residuos sólidos, el "tiradero a cielo abierto" sigue siendo la forma más común de disponer los residuos sólidos (Sánchez, 1990), como ya se dijo anteriormente y como informa la Oficina Panamericana dependiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual reporta que únicamente el 30% de la basura generada en América Latina se dispone sanitariamente (alrededor de 75 000 t/día) (Sánchez, 1990). Se calcula que la producción en México es de 23 000 t/día. Asimismo, con base en un estudio realizado en 17 ciudades de esta región con más de un millón de habitantes, señala que tan sólo el 35% de la basura generada se dispone en sitios controlados y en "tiraderos a cielo abierto". Sin embargo, a pesar de cifras tan poco alentadoras, se debe mencionar que, para la misma región, dicho organismo reporta en la década 1980-1990 un avance sustancial en la utilización del relleno sanitario, aún cuando se haya dado mayormente en las grandes concentraciones urbanas.

Por otro lado, en países con mayores recursos, problemática ambiental diferente y con niveles tecnológicos mucho más desarrollados, el relleno sanitario sigue siendo un elemento fundamental en sistemas de control de residuos sólidos (Sánchez, 1990).

Desgraciadamente como ya se mencionó, en América Latina el método de disposición final de residuos sólidos son los tiraderos a cielo abierto, a los cuales una alternativa es la revegetación de estos sitios. En estos tiraderos post-clausura se presentan problemas de: Toxicidad por gases y degradación química de los desechos.

Toxicidad por gases: La cual da como resultado una anaerobiosis en los sustratos, ya que el drenado libre de los sustratos no puede retener el agua de

poros más abiertos a 10 – 60 μm , y por lo tanto aún a la capacidad de campo ellos contienen los espacios porosos sustancialmente llenos de aire (normalmente en el intervalo del 10 – 30% del volumen del suelo) los cuales se hacen más extensos cuando el agua es retirada de los poros capilares por las raíces de la planta (Fitter y Hay, 1991). Consecuentemente, el oxígeno contenido en el aire del sustrato es usualmente mantenido de 15 – 20% por difusión gaseosa, dando un suministro adecuado de oxígeno para el crecimiento de la raíz y su metabolismo (Hale, 1987). Sin embargo, cuando los espacios porosos están ocupados por agua, el oxígeno atrapado en las bolsas de aire es rápidamente consumido por los microbios y las raíces de la planta, más aún, el suministro de oxígeno de la atmósfera es prácticamente limitado por su difusión a través del agua (10^{-4} veces el intervalo en el aire). Así, los sustratos inundados se convierten rápidamente en anaeróbicos y los índices de la respiración aeróbica caen a un nivel muy bajo. Sin embargo, en ausencia de oxígeno, los organismos anaerobios facultativos y obligados (más no las raíces) pueden mantener la respiración dentro del sustrato por transferencia de electrones de la cadena respiratoria a un nivel de aceptores de electrones diferentes al oxígeno. Así, en contraste con la reacción aeróbica normal en la cual se produce agua:



Se efectúan una serie de reacciones anaeróbicas:





transformando el nitrato del suelo a N_2O o N_2 gaseosos (desnitrificación), la acumulación de sustancias fitotóxicas tales como H_2S y altas concentraciones de iones Fe^{2+} y Mn^{2+} . Por otra parte, estas condiciones producen un incremento en la fijación de nitrógeno por las cianobacterias en las capas superficiales y la acumulación de iones de amonio que aumentan la disponibilidad del fósforo del sustrato y se elevan las concentraciones de los iones potasio en la solución de éste (Fitter y Hay, 1991). Así mismo afirman que es importante para todas las especies terrestres evitar el estrés o permitir la evolución anatómica con las adaptaciones morfológicas y bioquímicas que conduzcan a la mejor tolerancia de éste.

Degradación química de los desechos: Algunos de ellos se descomponen rápidamente en el sustrato, mientras que otros son muy resistentes (Thompson, 1978). Por ejemplo, los recipientes de hierro se oxidan, pero los de aluminio pueden permanecer inalterados durante años. Muchos plásticos son muy resistentes a la descomposición. Tales materiales se acumulan y constituyen un importante problema de contaminación ambiental esto debido a su considerable volumen.

Muchos desechos son fácilmente degradables por los microorganismos y pueden, por tanto, eliminarse mezclándolos con el sustrato. Los resultados de esta operación varían, desde un efecto benéfico de fertilización hasta la creación de problemas de contaminación cuando el material se halla demasiado saturado. Un buen número de comunidades entierran los desechos en zanjas donde los

residuos orgánicos pueden descomponerse. Los principales productos de la degradación de los desechos orgánicos son el agua y el dióxido de carbono. Sin embargo, muchos productos de la descomposición química y biológica, aunque menos abundantes, pueden arrastrar sustancias tóxicas y ocasionar ciertos daños para algunas formas de vida, aunque la mayoría sean nutrimentos de las plantas (los nitratos por ejemplo).

En este tipo de sustratos, la elevación de la temperatura es muy fuerte como consecuencia de la degradación de los desechos. Además, debido a las condiciones de anaerobiosis que predominan en el mismo, hay escasez de N_2 y P principalmente. La falta de riego es de relevante importancia y aunado a los demás factores, provoca una serie de problemas en las plantas.

Muchos de estos procesos son tóxicos para diversas formas de vida, incluyendo las plantas. Además éstas se enfrentan a estrés de tipo hídrico, nutrimental, salino y térmico (Zacharias, 1995; Pastor, *et al.*, 1992; Wong, *et al.*, 1992).

Estrés hídrico en plantas y sus células: El estrés ha sido definido como "cualquier factor capaz de inducir una tensión potencialmente dañina en (las plantas)", donde la "tensión" puede ser reversible o irreversible (aunque es difícil aplicar estos términos a las plantas, las cuales pueden sufrir un daño irreversible, pero reemplazar las partes dañadas mediante un crecimiento reducido), según lo mencionan Fitter y Hay (1991).

Aunque el término estrés hídrico es aplicado casi exclusivamente a la deficiencia de agua, el término es ambiguo y puede principalmente incluir el estrés por inundación. La deficiencia de agua o los resultados de la desecación, directa o indirectamente provienen de un sinnúmero de condiciones estresantes, por ejemplo sequía, calor extremo, sales y estrés osmótico, congelamiento o ataque de fitopatógenos. Durante su evolución, las plantas han desarrollado una gran

multiplicidad de mecanismos para sobrevivir y crecer bajo condiciones extremadamente bajas o de cambio frecuente de suministro de agua. Más que otros factores ambientales, el acceso al agua ha contribuido a la variabilidad de las plantas superiores con respecto a su morfología, ritmo de crecimiento, economía de agua interna y metabolismo, encontrándose que todos los factores ambientales causantes de deficiencia de agua incrementan notablemente la síntesis de ácido abscísico (AAB) y etileno (Nover, *et al.*, 1989).

Debido a la complejidad de las relaciones planta-agua, no existe un índice del suministro de agua por el medio ambiente (contenido de agua en el sustrato, humedad de la masa de aire, etc.) el cual puede ser usado para expresar el grado de estrés por déficit de agua al cual una planta está sujeta. Como resultado, esto se ha convertido en algo convencional al referirse a la planta en vez de usar los índices ambientales del estrés por agua (principalmente el potencial de agua de los tejidos, así como el contenido de agua relativo o déficit de agua, cada uno de los cuales es una medición de la extensión a la cual el contenido de agua del tejido ha caído por debajo del contenido máximo de agua en la turgencia total, a la cual las condiciones son óptimas para el crecimiento y funcionamiento (Fitter y Hay, 1991). El estrés hídrico ocurre cuando el agua disponible en el suelo es reducida y las condiciones atmosféricas causan pérdida continua de agua por transpiración y evaporación. El estrés puede ocurrir en una base diaria o por un período prolongado. Si ocurre un estrés continuo, las plantas pueden morir por desecación a menos que posean mecanismos de resistencia según el cual la pérdida de agua sea evitada o disminuida en ciertos tejidos u órganos, o a menos que sean capaces de incrementar los niveles de absorción y translocación de agua. Mientras la situación continúe y si no hay precipitación que restaure el agua en el suelo, el estrés en la planta se incrementará. Debido a que el proceso fotosintético y de asimilación del CO₂ por el apoplasto húmedo del mesófilo de la hoja está inevitablemente asociado con la pérdida de agua hacia la atmósfera, y la pérdida de turgencia, las hojas de las plantas en desarrollo en la mayoría de los ambientes

están expuestas a algún grado de estrés por agua a través de sus vidas durante los periodos diarios de iluminación (Fitter y Hay, 1991).

Además de lo anterior, el incremento en la cantidad de AAB en los resguardos de las células, es el cierre de los estomas. Aunque este mecanismo es importante para reducir la pérdida de agua, éste causa un sin número de efectos secundarios no deseados. El bloqueo de la transpiración limita severamente o interrumpe totalmente el suministro de nutrimentos desde la raíz y por lo tanto la formación de carbohidratos en las hojas, ocasionando la inanición nutrimental. Nover, *et al.*, (1989) mencionan que la falta de disipación de energía por la fijación de CO₂ reductivo puede resultar en daño oxidativo del aparato fotosintético (fotoinhibición, fotodecoloramiento).

Debe quedar claro que el estrés por agua es un aspecto de rutina de la fisiología de la mayoría de las plantas, y no simplemente aquellas que crecen en un hábitat seco (Fitter y Hay, 1991).

La falta de agua tiene efectos profundos en el desarrollo, producción y calidad de la planta. El primero será una pérdida de turgencia que afecta el nivel de expansión de la célula y reduce su tamaño. Los mecanismos fundamentales de respuesta de las plantas al estrés hídrico pueden ser divididos en cinco categorías:

1. Reducción del potencial de agua o actividad del agua celular.
2. Decremento de la presión de turgencia celular.
3. Concentración de pequeñas moléculas y macromoléculas así como decremento del volumen celular con turgencia reducida.
4. Alteración de las relaciones espaciales en el plasmalema, tonoplasto y membranas de los organelos mediante cambios en el volumen.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

5. Cambio en la estructura o configuración de macromoléculas por la remoción del agua de hidratación o a través de la modificación estructural del agua adyacente (Hale, 1987).

En general, cuando el estrés por agua se incrementa de suave a moderada, la bioquímica de la célula se incrementa, así la síntesis de proteínas y clorofila son reducidas con un estrés suave, mientras que, cuando el estrés es moderado, la nitrato reductasa y los niveles de las sustancias de desarrollo comienzan a ser afectados. El estrés de moderado a severo causa una interrupción seria del metabolismo. Dependiendo de lo severo de éste, los efectos pueden reducir la capacidad de la planta para sobrevivir y reproducirse (Fitter y Hay, 1991).

El estrés hídrico es especialmente crítico durante el desarrollo reproductivo. Los frutos y semillas pueden no elongarse debido a que la transpiración rápida de las hojas crea potenciales de agua bajos en el xilema, lo que puede resultar en que el agua no llegue a los frutos (Hale, 1987)

Como ya se mencionó anteriormente, la disminución en el área de la hoja es una consecuencia de este tipo de estrés y tiene efectos secundarios debidos a la reducción en el área superficial irradiada y en la fotosíntesis producida, la cual contribuye a la reducción del crecimiento con hojas más pequeñas que, además de reducir la asimilación de carbono, también reducen la pérdida de agua. La reducción en el área foliar se da como resultado de la disminución en el número de hojas producidas o la abscisión de las hojas bajo este tipo de estrés.

Los efectos del estrés hídrico en el proceso de fotosíntesis no han sido aún bien comprendidos. Ya que estos causan el cierre de estomas, la energía radiante continúa siendo interceptada y absorbida por las hojas. Sustancias reductoras producidas podrán ser usadas en la transformación del carbono del CO₂, pero con los estomas cerrados, la entrada de CO₂ en la hoja es limitado. Por tanto, los

compuestos reducidos deben ser ya sea almacenados y acumulados o ser usados. El subsiguiente uso de las reservas de carbohidratos resulta en una deficiencia de compuestos de carbono para ambos procesos de crecimiento y mantenimiento (Hale, 1987).

La resistencia a estrés por falta de agua probablemente pueda ser dividida así:
a) Evitar la deshidratación. b) Tolerancia a la misma presentando resistencia en los tejidos superiores e inferiores al potencial de agua.

Esta tolerancia resulta en una reducción de la pérdida de agua o en un mantenimiento de la toma de ésta. A esto sigue un incremento en la resistencia estomatal y cuticular, una reducción en la radiación absorbida y por lo tanto, una disminución en el área foliar. Bajo estrés hídrico, el control de retroalimentación hidrostático de la apertura de los estomas elimina otros controles tales como la concentración de CO₂ ocasionando que la radiación se eleve a través del movimiento de las hojas por el ángulo de incidencia de entrada de radiación que provee menos área para la absorción; el desarrollo de pubescencia aísla la superficie de la hoja. La adaptación morfológica de las hojas puede ocurrir durante el crecimiento y desarrollo de éstas, o después de que se han desarrollado por completo produciendo un incremento en los niveles de senescencia de las hojas más viejas y abscisión prematura, la cual reduce la transpiración, además, estas hojas viejas contribuyen con menos carbohidratos para el desarrollo de semillas y frutos. Estos tipos de adaptaciones son irreversibles (Hale, 1987). Un aspecto típico de éstos es el aumento de las concentraciones de soluto celular, por ejemplo, de iones, alcoholes, sacarosa o aminoácidos. La acumulación masiva de estos últimos o de sus derivados puede estar íntimamente relacionada con un incremento en la descomposición de proteínas. Investigaciones recientes han demostrado que la pérdida de compuestos nitrogenados en las hojas más viejas está relacionada con su translocación a las hojas más jóvenes. Cuando se recupera la turgencia, se da una rápida senescencia de las hojas más viejas, y

esto concuerda con la observación de que la flexibilidad adaptativa o norma de reacción en la osmorregulación es mucho más elevada en los órganos jóvenes (Nover, *et al.*, 1989).

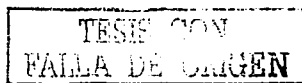
Por otra parte el sustento de la toma de agua es el resultado de las propiedades de los sistemas radicales. Las plantas de raíces profundas pueden continuar con la absorción de agua hasta que la falta de ésta se haga severa y alcance las zonas profundas del sustrato. El intervalo de crecimiento de las raíces puede también favorecer la tolerancia. A mayor crecimiento, la proporción de nuevas raíces cambia, ocasionando un menor crecimiento de las nuevas, o el incremento en la longitud y densidad de las raíces puede cambiar la proporción. La baja resistencia al movimiento del agua a través de las raíces y del sistema conductor hacia las nuevas mediante un incremento en el diámetro de los vasos o del vaso ayuda a mantener la toma de agua (Hale, 1987).

Estrés nutrimental: Comúnmente sólo tres iones alcanzan concentraciones altas en la solución del sustrato para causar problemas osmóticos a las plantas. El cloro (usualmente en suelos salinos húmedos) y el sulfato (en suelos sódicos secos), están típicamente asociados con el sodio como catión; el magnesio y raramente el calcio, pueden también estar involucrados.

Si la concentración de soluto de la solución del sustrato que está rodeando las raíces de una planta se incrementa repentinamente, el efecto inmediato es reducir el gradiente del potencial de agua entre la solución y la raíz. Debido a que el agua sólo se mueve dentro de la parte baja de las raíces en un gradiente, esto inhibirá la toma de agua. Si el potencial de agua externo es más bajo (más negativo) que el interno, la toma de agua cesará. En el corto plazo, se reducirá el crecimiento; a largo plazo causará marchitamiento y por último, la muerte (Fitter y Hay, 1991).

En el sustrato, las raíces de la planta absorben iones de un medio complejo, conteniendo no sólo los nutrimentos esenciales, sino también una gama de iones no esenciales y compuestos orgánicos. Los desequilibrios severos elevan este suministro y la planta puede no ser capaz de tomar los nutrimentos eficientemente, debido a los efectos directos de los iones tóxicos en el metabolismo o en la función de la raíz o simplemente por la competencia e interacciones con los iones de los nutrimentos. Como resultado, los iones esenciales se pueden convertir en tóxicos (por ejemplo, el magnesio) y algunas especies de plantas muestran grandes diferencias en el punto al cual pueden tolerar la variación en los radios iónicos.

La deficiencia de un elemento tiene como consecuencia un número de condiciones entre las cuales están: la cantidad y concentración presente en el sustrato, la forma en la cual están presentes los procesos por los cuales se hacen disponibles para la planta, el contenido en la solución del sustrato y el pH del mismo. Las concentraciones de los nutrimentos en las plantas varían con la edad, parte de la planta, especie, condiciones de la rizósfera y tipo de sustrato. Estas varían ampliamente y dependen del material parental a partir del cual el sustrato se ha formado y de los procesos del ciclo de los elementos. La absorción de los nutrimentos involucra el movimiento desde el sustrato a la raíz, luego hacia el interior de ésta y la translocación dentro de la planta. El movimiento a través del sustrato hacia la raíz puede ser por difusión en la solución del sustrato, difusión de las partículas del suelo hacia la raíz directamente, difusión de una partícula a otra, o de las superficies de adsorción hacia la solución del sustrato, o por flujo de masa en su solución por acción capilar o flujo gravitacional. El crecimiento de las raíces a través del sustrato también las lleva a tener contacto con áreas frescas del mismo y los iones se hacen disponibles mediante este proceso de intercepción. Se sabe de la capacidad de las raíces de las plantas para exudar en la rizósfera materiales que afectan la solubilidad y favorecen la adsorción de nutrimentos. La



interferencia con los procesos involucrados en la disponibilidad de los iones o de su absorción por las raíces de la planta puede resultar en estrés (Hale, 1987). Los efectos simples son aquellos donde las interacciones suceden fuera de la raíz. El proceso de transpiración causa la acumulación de algunos iones en la superficie de la raíz y si su intervalo de salida excede su intervalo de toma, el calcio puede ciertamente acumularse en los sustratos. Debido a que las sales de calcio son insolubles, esto puede inhibir marcadamente el suministro por difusión de aniones, tales como los sulfatos y los fosfatos (Fitter y Hay, 1991).

Un síntoma es cualquier cambio perceptible en la estructura conocida, apariencia o función. Tales cambios como el amarillamiento de las hojas (clorosis), muerte (necrosis), lesiones, malformaciones, funcionamientos defectuosos, o bien crecimiento y producción reducidos son todos considerados como síntomas y ocurren como resultado de estrés nutrimental (Hale, 1987).

Además, el suministro de nutrimentos en el suelo puede ser dependiente de simbiontes microbianos, siendo los más obvios las bacterias fijadoras de nitrógeno y las micorrizas suministradoras de fósforo (Fitter y Hay, 1991).

El influjo de nutrimentos tiene lugar a través de la interfase sustrato-raíz que incluye el complejo de materiales y organismos en la rizósfera. Bajo condiciones de suministro limitado de nutrimentos, la micorriza puede ser inducida y causar un incremento en la toma de nutrimentos. La asociación ectomicorriza incrementa la absorción de nutrimentos minerales y hay muchos factores involucrados en la relación. Las hifas del hongo incrementan el área superficial que está en contacto con el suelo y acceden a más volumen de sustrato que contenga nutrimentos. El tiempo de vida de las raíces con micorrizas es prolongado, de tal modo que la absorción de esa parte del sustrato ocurre por un largo período de tiempo, además, puede ser protegida de una invasión de organismos patógenos. La micorriza puede también incrementar la tolerancia a niveles tóxicos de iones de

metales esenciales en el medio de la raíz (Hale, 1987). Cualquier efecto adverso en estos simbioses reducirá severamente el suministro de nutrimentos (Fitter y Hay, 1991). El papel de la asociación micorriza en situaciones de estrés es de importancia única y su presencia puede ser la diferencia entre la sobrevivencia de la planta y la muerte (Hale, 1987).

Estrés por salinidad: Las plantas son estresadas en dos maneras en un ambiente salino. Además del estrés hídrico impuesto por el incremento en el potencial osmótico del medio radicular como resultado del alto contenido de soluto, hay el efecto tóxico de las altas concentraciones de iones. En el ambiente salino hay una preponderancia de los iones no esenciales sobre los esenciales. La planta debe absorber los iones esenciales de una fuente diluida en presencia de una alta concentración de iones no esenciales (Hale, 1987).

En solución, el pH define la concentración de H^+ y su medición. Los iones H^+ son tóxicos para la mayoría de las plantas a valores de pH por debajo de 3 y cuando el pH es de 4.0 - 4.5 los minerales se encuentran tan solubles que los iones Al^{3+} son severamente tóxicos. Pero el pH también controla la solubilidad de Mn^{2+} , Fe^{3+} y muchos otros cationes (Fitter y Hay, 1991).

Bajo condiciones de estrés salino, el potencial osmótico de la solución del sustrato es similar a las acarreadas por el estrés hídrico. Las plantas estresadas por salinidad están disminuidas en su crecimiento, pero no se encuentran marchitas, lo cual significa que las células tienen potenciales de agua que las posibilita para competir por el agua desde el xilema. Una de las formas en que el potencial de agua puede ser disminuido es mediante el incremento de los solutos. Una acumulación de solutos orgánicos en respuesta al estrés salino es el resultado del estrés hídrico causado por el diferencial en los potenciales de agua entre la planta y la solución del sustrato. Carbohidratos, aminoácidos o ácidos orgánicos pueden acumularse (Hale, 1987). Es posible clasificar estos efectos de

acuerdo a que ejerzan su influencia en la adquisición o en la utilización de recursos por la planta.

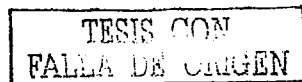
Estrés térmico: El termino termotolerancia fue introducido en 1978, en una revisión sobre la aplicación de hipertermia fraccionada en terapia contra el cáncer. Los fisiólogos vegetales lo definen como el fenómeno de la adaptación a estrés por calor llamado tolerancia adquirida, endurecimiento o resistencia adaptativa (Nover, *et al.*, 1989).

A diferencia de los animales homeotérmicos, las plantas superiores son incapaces de mantener sus células y tejidos a una temperatura óptima constante (Fitter y Hay, 1991). Hale (1987) nos dice que las plantas son poikilotérmicas, esto es, que asumen la temperatura de su medioambiente y el estrés impuesto por ésta tiene importantes implicaciones en su crecimiento y metabolismo. Por consiguiente, es difícil establecer las relaciones precisas entre los procesos de la planta y la temperatura medioambiental debido a la variabilidad extrema del sustrato y temperaturas del aire. Por ejemplo, la temperatura de una hoja depende:

- i) tiempo de día (la variación diurna regular)
- ii) mes del año (la variación estacional regular)
- iii) nebulosidad y velocidad del viento (la variación irregular a corto plazo)
- iv) posición en el dosel (por ejemplo hojas de "sol" o "sombra")
- v) altura sobre la superficie del sustrato
- vi) forma de la hoja y dimensiones

Mientras que la temperatura de la raíz depende principalmente del tiempo de día (i) y mes del año (ii), también en:

- vii) profundidad debajo de la superficie del sustrato



- viii) propiedades del suelo que controlan el balance de energía a la superficie de la tierra y el traslado de calor a través de ésta (Fitter y Hay, 1991).

Por consiguiente, el dosel de la hoja y el perfil del sustrato son un mosaico complejo de regímenes térmicos rápidamente fluctuando de tal modo que cada grupo de hojas (o raíces) está respondiendo a un único modelo de fluctuación de temperatura. Esta variabilidad hace muy difícil llevar a cabo los estudios del campo sobre los efectos de la temperatura en los procesos como la fotosíntesis.

Hay situaciones en las que las plantas pueden alcanzar una temperatura elevada con el daño resultante. Para las plantas superiores, las semillas emergentes están sujetas a las altas temperaturas del sustrato, la cual ha absorbido radiación infrarroja del sol y exceden la tolerancia de la parte emergente de la planta. La aclimatación a la temperatura puede desarrollar la tolerancia al daño ya sea por altas o por bajas temperaturas. El término aclimatación es el resultado o el desarrollo hacia la tolerancia, mientras que, el término "resistente" se emplea para describir las plantas tolerantes y este proceso se denomina "endurecimiento a la temperatura" (Hale, 1987).

Así como influyen en el índice de crecimiento, desarrollo y metabolismo, la temperatura medioambiental puede controlar el patrón y tiempo de desarrollo de la planta e influir en la morfología y dimensiones de las partes resultantes de ésta, así como la partición de materia seca dentro de ella. Por ejemplo, en especies diferentes, el diámetro de la raíz, la ramificación de ésta, su tamaño y forma de las hojas pueden ser determinadas por el incremento de la temperatura (Fitter y Hay, 1991).

A continuación veremos que afortunadamente en estos sitios algunas plantas presentan resistencia a la toxicidad y a los cambios en el medio ambiente térmico.

Resistencia a la toxicidad: Algunas plantas pueden crecer en sustratos que contengan niveles de iones tóxicos letales para otras especies.

Cuatro mecanismos principales pueden lograr esto:

- (i) *Escape fenológico:* donde el estrés es temporal al activar la fase del ciclo de vida que coincide con la temporada más favorable.
- (ii) *Exclusión:* la planta puede ser capaz de reconocer el ion tóxico y prevenir su absorción y no experimentar la toxicidad.
- (iii) *Mejora:* la planta puede absorber el ion pero actuar sobre él de tal forma que minimiza sus efectos. Esto puede involucrar la quelación, dilución, localización o una excreción regular.
- (iv) *Tolerancia:* la planta puede desarrollar un sistema metabólico que pueda funcionar a concentraciones potencialmente tóxicas, muy posiblemente por medio de distintas moléculas enzimáticas (Fitter y Hay, 1991).

Resistencia a cambios en el medioambiente térmico: La adaptación de las plantas a los medioambientes térmicos modificados o nuevos, pueden suceder a través de la evolución de los genotipos con morfologías más apropiadas, historial o características fisiológicas y bioquímicas, o por lo que se conoce como norma de reacción, es decir, la serie de fenotipos producidos por el mismo genotipo en respuesta a medioambientes diferentes (Sultan y Bazzaz, 1993; Wulff, et al., 1994).

Cuando una hoja es iluminada, ésta absorbe entre 20 y 95% de la radiación incidente, dependiendo de la longitud de onda. Sin embargo, sólo una pequeña fracción de esta energía absorbida es usada en la fotosíntesis; el resto es transformada en calor y a menos que la hoja pueda perder este exceso de calor, su temperatura se incrementará, encaminándose a morir por estrés térmico. En una planta bien acondicionada de agua, hay tres procesos mayores que actúan

para regular el calor de las hojas, esto es, re-radiación (longitud de onda), convección del calor y transpiración.

Si una hoja se mantiene a una temperatura constante, entonces su energía debe balancearse, esto es:

$$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{rad}} + Q_{\text{conv}} + Q_{\text{trans}}$$

energía absorbida por absorción	=	energía perdida por radiación de calor	+	energía perdida por convección de agua	+	energía perdida por transpiración
---------------------------------------	---	---	---	---	---	---

Por lo tanto, si:

$$Q_{\text{rad}} + Q_{\text{conv}} + Q_{\text{trans}} > Q_{\text{abs}}$$

la hoja se enfriará, mientras que, si:

$$Q_{\text{rad}} + Q_{\text{conv}} + Q_{\text{trans}} < Q_{\text{abs}}$$

la temperatura de la hoja se incrementará (Fitter y Hay, 1991).

Cabe señalar que en estos sustratos, es importante la presencia de materia orgánica para el crecimiento de las especies arbóreas.

Materia orgánica del sustrato: Los materiales orgánicos, vivos o muertos, ejercen una profunda influencia. Existe una gran variabilidad en la naturaleza de los restos incorporados y sin embargo, puede observarse una sorprendente constancia en la composición del humus (la porción relativamente estable de la materia orgánica). Este es una mezcla compleja de compuestos orgánicos de naturaleza dinámica. Los restos animales y vegetales, antes de alcanzar el estado de humus, sufren importantes alteraciones en el sustrato. Varios tipos de microorganismos los atacan y descomponen sus constituyentes; además, son fuente importante de nutrimentos y energía para los procesos vitales de esos

microorganismos. Los compuestos orgánicos degradados con mayor facilidad se utilizan rápidamente y pronto desaparecerían si de tiempo en tiempo no fueran repuestos por restos frescos (Thompson, 1978).

El contenido en materia orgánica del sustrato se halla influido por el espesor del material de origen, la textura y la composición mineral (Thompson, 1978).

Al igual que otros factores, los materiales de origen que proporcionan un suministro más adecuado de nutrimentos minerales, producen también un mayor crecimiento de vegetación y por tanto, mayor cantidad de materia orgánica. El factor que se "opone" a la acumulación de materia orgánica es su descomposición. Los sustratos calientes y mejor aireados, poseen una descomposición más rápida que los fríos o con aireación deficiente. De nuevo, a igualdad de otros factores, los que son arenosos suelen ser más ácidos y mejor aireados que los de textura fina, permitiendo, por tanto, una mayor velocidad en la descomposición de la materia orgánica. En realidad, existen otros factores que suelen forzar este efecto. Los sustratos arenosos almacenan menos agua y en consecuencia, la vegetación que soportan tiende a producir menos que la de los arcillosos. Además, en ausencia de fertilización, los sustratos arenosos suelen ser menos fértiles que los arcillosos, lo cual también reduce el crecimiento de la vegetación. La combinación de todos estos factores da lugar a una buena correlación entre los contenidos de materia orgánica y la riqueza en arcilla de sustratos localizados en una misma región climática (Thompson, 1978).

La actividad biológica en el sustrato: Thompson (1978) afirma que la actividad biológica depende mucho de la estructura, del volumen de poros y de la permeabilidad del sustrato. Las raíces de las plantas se abren camino y al crecer desplazan partículas de éste. Las lombrices, insectos y roedores lo reorganizan con sus galerías. Incluso las bacterias son capaces de mover partículas de arcilla y contribuir a la producción de agregados. Tanto los organismos grandes como los

diminutos producen exudados y residuos que ayudan a unir las partículas del limo y arcilla, formando unidades estructurales.

En el presente trabajo *Acacia saligna* y *A. neriiifolia* se encuentran en el sitio por plantación (Galván, *et al.*, 1995). Pero es importante saber que la propagación de las plantas implica el control de dos tipos de desarrollo del ciclo biológico básicamente diferentes, sexual y asexual. La función de cualquier tipo de propagación de plantas es conservar un genotipo o una población de genotipos específicos, que reproduzcan la clase de planta que en particular se desea (Hartmann y Kester, 1987).

Por otra parte para la germinación de las semillas y el enraizamiento de estacas se utilizan diversos materiales y mezclas. Para obtener buenos resultados se necesita que el medio reúna las características siguientes:

1. El medio debe ser lo suficientemente macizo y denso par mantener en su lugar las estacas o semillas durante el enraizamiento o la germinación. Su volumen debe mantenerse bastante constante, seco o mojado. Esto es, resulta inconveniente que se contraiga demasiado al secarse.
2. Debe retener suficiente humedad para no tener que regarlo con demasiada frecuencia.
3. Debe ser suficientemente poroso de manera que escurra el agua excesiva, permitiendo una aireación adecuada.
4. Debe estar libre de semillas de malezas, nemátodos y diversos patógenos incluyendo microorganismos.
5. No debe tener un alto nivel de salinidad.
6. Debe poder ser pasteurizado con vapor o sustancias químicas sin que sufra efectos nocivos.
7. Debe proporcionar una provisión adecuada de nutrimentos cuando las plantas permanecen en él un largo periodo (Hartmann y Kester, 1987).

Para las semillas el primer paso es obtener una muestra uniforme representativa de todo el lote. Posteriormente se lleva a cabo la prueba de viabilidad mediante varias técnicas, siendo las más importantes las de la germinación directa, de embrión separado y la de tetrazolio.

Cuando las semillas presentan una testa dura es necesario aplicar varios tratamientos para superar el letargo de las semillas, entre los más comunes tenemos:

Escarificación mecánica

Raspar con lija las cubiertas de las semillas duras, limarlas o quebrarlas con un martillo o entre las mordazas de un tornillo de banco, son métodos simples y útiles para cantidades pequeñas de semillas relativamente grandes.

Escarificación con agua caliente

Colocar las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100°C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 h en el agua que se va enfriando gradualmente. Después, las semillas que no se han hinchado se pueden separar con cribas adecuadas y puede volvéseles a remojar o someterlas a otro tratamiento. De ordinario, las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento con agua caliente.

Escarificación con ácido

Las semillas secas se colocan en recipientes con ácido sulfúrico concentrado (de peso específico 1.84 g mL^{-1}) en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el tratamiento, la mezcla debe manejarse con todo cuidado a

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ciertos intervalos a fin de obtener resultados uniformes e impedir la acumulación de los materiales oscuros, resinosos, de las cubiertas de las semillas que a veces hay presentes. Como la agitación tiende a elevar la temperatura, se debe cuidar de no efectuar una mezcla demasiado vigorosa para evitar dañar las semillas. El tiempo de tratamiento varía desde tan poco como 10 min para ciertas especies hasta 6 h o más para otras.

Las semillas grandes de la mayoría de las especies leguminosas responden al tratamiento simple con ácido sulfúrico, pero en algunas de ellas se requieren variaciones (Hartmann y Kester, 1987).

En el presente trabajo, se ha seleccionado al género *Acacia* como sistema biológico de prueba, mismo que tendrá que ser propagado para los ensayos correspondientes.

IV. CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO *Acacia*

Está constituido por árboles y arbustos de hoja perenne. Las hojas generalmente son bipinnaticompuestas, a menudo reemplazadas por estructuras aplanadas formadas a partir del pecíolo de las hojas. Flores hermafroditas amarillas, en invierno o primavera. De pleno sol, suelos secos, ácidos o neutros (Johnson, 1977). Legumbre de forma variable, ovada, oblonga o linear, recta o curvada, cilíndrica o comprimida, membranosa, coriácea o leñosa, bivalvada o indehiscente; semillas colocadas longitudinal o transversalmente, comprimidas, ovadas y con un funículo filiforme o arilo carnoso (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1979).

***Acacia saligna*, Wendl**

Árbol bajo o matorral alto con ramas de inclinación bastante angular; filodios lanceolados a lanceolado-lineal u oblanceolado uniforme, agudo a obtuso, angosto en la base, con o sin glándula en la base, de $\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{4}$ o aún de $1\frac{1}{4}$ de pulgada de ancho, de 3 - $8\frac{1}{2}$ pulgadas o las hojas más bajas de 1 pie de longitud. Un nervio longitudinal, con frecuencia excéntrico; cabezas globosas, de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, en largos racimos terminales o reducidos a 4 - 5 cabezas axilares ensartadas a lo largo de 2 - 3 pies, en la primavera; pedúnculos de $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ pulgada de longitud; vainas de 3 - 5 pulgadas de longitud y de $\frac{1}{4}$ de pulgada de ancho, con estrechamiento entre las semillas, las cuales son planas con márgenes parecidos a nervios (Bailey, 1951).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino:	Plantae
División:	Antofita
Clase:	Angiospermae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae (Leguminosae)
Sub-Familia:	Mimosoideae
Género:	<i>Acacia</i>
Especie:	<i>saligna</i>

(Bold, et al., 1989)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

***Acacia neriifolia*, Cunn**

Árbol pequeño con ramificaciones anguladas delgadas: filodios oblanceolados, agudos o apiculados, de 1½ - 5¼ de pulgada de longitud, y de ¼ - ¾ de pulgada de ancho, con un nervio central prominente; glándula cercana a la base del margen superior; cabezas en racimos simples o ramificados más cortos que los filodios; flores pentámeras, aproximadamente 40 en una cabezuela; vaina contraída y con frecuencia estrechas entre las semillas, de 3 - 6 pulgadas de longitud y de 5/6 de pulgada de ancho; semilla longitudinal, ovalada, con depresión central, funículo blanco, pequeño, sin rodear a la semilla pero engrosado dentro de un arilo formando grupos (Bailey, 1951).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino:	Plantae
División:	Antofita
Clase:	Angiospermae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae (Leguminosae)
Sub-Familia:	Mimosoideae
Género:	<i>Acacia</i>
Especie:	<i>neriifolia</i>

(Bold, et al., 1989)

V. Justificación

Si aceptamos que las características comunes de alto costo en los proyectos de rehabilitación no ocurrirán en la mayoría de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, entonces estamos encarando el reto de desarrollar tecnologías convenientes. La responsabilidad de los biólogos es determinar cuáles son las características que afectan el desarrollo de la planta y que son comunes a la "mayoría" de los sitios de relleno. Una vez que esto ha sido establecido, los esfuerzos en la investigación deberán concentrarse en la selección de especies de plantas que sean tolerantes a esas condiciones, aspecto importante de los procesos de revegetación. Cabe señalar que para la revegetación de los sitios de relleno hay preferencia por las especies arbóreas (Zacharias, 1995).

Los objetivos del diseño del uso final para un sitio así deberían incluir:

- a) Estabilización de la superficie del sitio y reducción de la erosión
- b) Determinación del uso final específico
- c) Restauración estética del entorno
- d) Aumento de la fertilidad del suelo
- e) Selección de las plantas apropiadas
- f) Administración de la instalación y mantenimiento de las plantaciones
- g) Monitoreo permanente de contaminantes

(Tchobanoglous, 1998).

Es de suma importancia señalar que en el sustrato de un sitio así, prevalecen condiciones de temperaturas extremas a lo largo del día (Nover, *et al.*, 1989; Jones, 1992) y que las plantas tienen que sobrevivir a condiciones de estrés hídrico (Fitter y Hay, 1991), de salinidad elevada (Rendig y Howard, 1989), de toxicidad por gases (Fitter y Hay, 1991) y por metales pesados (Nover, *et al.*, 1989; Farago, 1994).

Con el siguiente trabajo se pretende resaltar la importancia de estudiar especies arbóreas que tengan una alta probabilidad de supervivencia a sitios de disposición final post-clausura, considerando la escasa investigación que hay al respecto, ya que cuando la vegetación no es seleccionada adecuadamente significa un costo ambiental y económico elevados debido a que después de cierto tiempo los individuos tienden a presentar clorosis parcial, total y muerte, tal como está sucediendo con los árboles de eucalipto en el parque Cuitláhuac, que, según lo observado, tienden a desaparecer por completo del mismo, teniendo como consecuencia que los residuos sólidos queden nuevamente al descubierto y se dispersen causando serios problemas al ambiente, a la población que se encuentra en las zonas aledañas y la que visita el parque.

Se eligió el género *Acacia* considerando que al haber escasez de nitrógeno en el sitio (Delwiche, 1970; Postgate, 1981; Galván, 1995), éste tiene la capacidad de fijarlo de la atmósfera (Salisbury y Ross, 1994); también soporta bastante bien condiciones de alta salinidad (Tomar, *et al.*, 2002) y temperaturas extremas del sustrato; además, sus raíces permiten un buen anclaje, así como buena resistencia a estrés hídrico como resultado de la baja cantidad de humedad y a pesar de que en la zona no se observan individuos que hayan germinado de manera natural a partir de las semillas de los árboles ya introducidos, todas las características mencionadas les da a estos organismos la posibilidad de establecerse a pesar de lo heterogéneo de los componentes de relleno del sitio, esperándose que se mantenga una vegetación lo más estable y uniformemente posible que evite pérdida del sustrato y que permita la proliferación de microambientes que favorezcan la formación del estrato rasante y herbáceo.

VI. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El parque Cuicláhuac de Santa Cruz Meyehualco se localiza en la ciudad de México, dentro del perímetro de la Delegación Iztapalapa, entre los paralelos 19°22'00" latitud norte y los meridianos 99°02'00" longitud oeste. Dicha zona colinda al norte con un terreno con planta de bombeo de agua de propiedad federal; al sur, con la unidad habitacional Santa Cruz Meyehualco; al oriente con la colonia Santa María Aztahuacán y al poniente con parte de la unidad habitacional Vicente Guerrero.

El parque está ubicado a una altitud de 2240 msnm con un área total de 1 481 188 m² (INEGI, 1999). Presenta topofomas de llanuras lacustres con suelos del Cuaternario. Con respecto a su hidrología, se le ha considerado como una fuente importante de abastecimiento de agua subterránea debido a la corriente que proviene del sistema de Santa Catarina, aunque en la parte superior del sitio predominan los depósitos lacustres (CETENAL, 1978; INEGI, 1999).

Según la clasificación FAO/UNESCO, el tipo de suelo natural predominante en el que se depositaron los residuos sólidos municipales es Regosol Eútrico, con suelos secundarios tipo Feozems que en general son suelos con altas concentraciones de sales y alto contenido de arcilla. Además, hay presencia de rocas de tipo ígnea extrusiva que pertenecen al periodo Terciario de la era Cenozoica (INEGI, 1998).

Con relación al clima, se clasifica como templado subhúmedo, con lluvia en verano. La temperatura media anual varía entre los 12 y los 18°C. La precipitación media anual es de 403.8 mm en los meses más secos (noviembre-abril), y de 864.8 mm en los meses más lluviosos (agosto-octubre).

El periodo de vida útil cuando tiradero fue de 35 años, tiempo durante el cual ocupó una extensión aproximada de 148 hectáreas en las que se depositaron un total de 44 712 500 toneladas de basura. Para el 15 de noviembre de 1982 se inicia su clausura, la que se da por concluida en el mes de junio de 1986. Se emplearon 769 600 m³ de material para cobertura (ladrillos, arena, grava, etc.). Una vez clausurado, se estableció en la parte norte una extensa zona verde con fines recreativos que incluye módulos de convivencia familiar, locales para concesiones, oficinas administrativas, almacenes para jardinería, zonas para acondicionamiento físico, sanitarios y estacionamiento. Mientras que la parte sur es una zona deportiva que cuenta con canchas para la práctica de diferentes actividades, sanitarios y estacionamiento (Figura 1).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

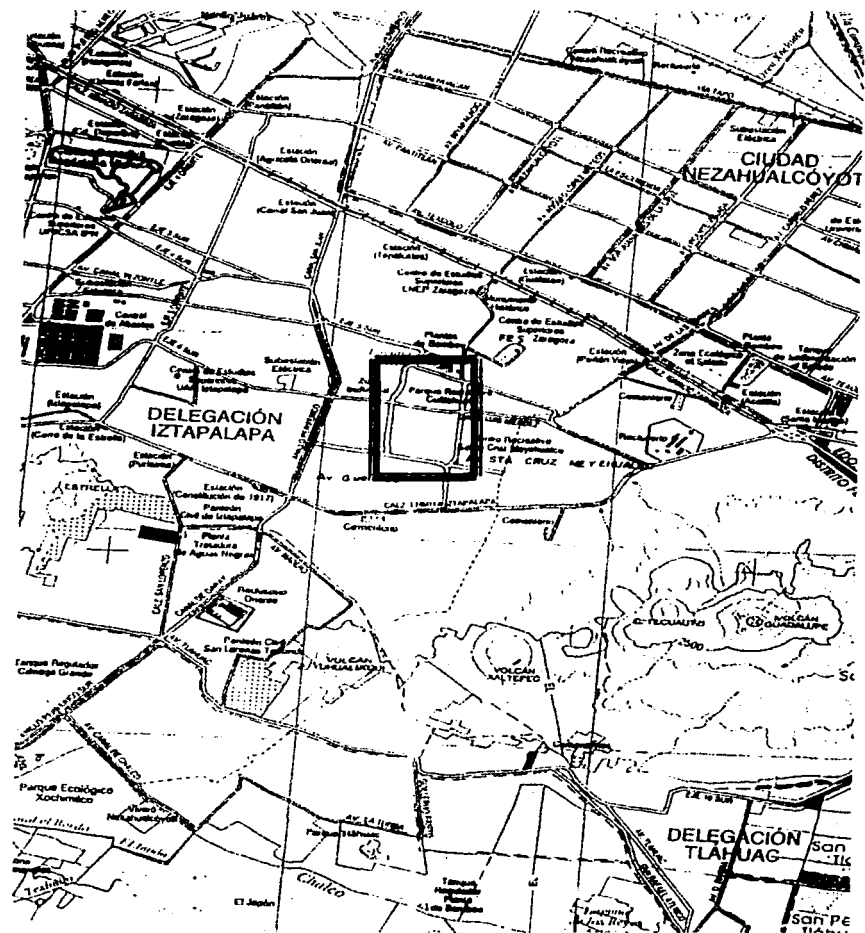


Figura 1.- En el rectángulo del centro se ubica el Parque Cuitláhuac de Sta. Cruz Meyehualco (INEGI, 2000).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VII. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado actual de las especies *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* del parque Cuitláhuac de Santa Cruz Meyehualco para ser propuestas como una alternativa segura para su introducción a sitios perturbados.

OBJETIVOS PARTICULARES

Colectar ejemplares para herborización y su determinación en el herbario FEZA.

Cuantificar el número de individuos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* del sitio de estudio.

Describir la situación actual de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* del sitio.

Determinar la viabilidad y germinación de semillas de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia*.

Caracterizar física y químicamente el sustrato donde se desarrolla la vegetación.

Comparación de los atributos de los árboles del sitio de estudio contra los de los individuos de un sitio no perturbado.

HIPÓTESIS

Acacia saligna y *Acacia nerifolia* pueden ser utilizadas como componentes de la vegetación arbórea en sitios perturbados por desechos sólidos municipales en virtud de encontrarse establecidas en el extradero de Santa Cruz Meyehualco a pesar de las situaciones adversas que se presentan en el sitio.

VIII. MÉTODO

El trabajo se dividió en tres etapas:

1) Gabinete. Consistió en la recopilación y análisis de la información bibliográfica que sirvió como fundamento para establecer las fases de trabajo de campo y en el laboratorio.

2) Campo.

Durante esta fase se realizaron las siguientes actividades:

a) Un recorrido en el mes de junio de 2000 en el sitio post-clausura de Santa Cruz Meyehualco, durante el cual se eligió una zona perimetral que abarca parte de la colindancia con el eje 6 sur Luis Méndez y parte de la avenida Carlos L. Gracidas que colinda con la unidad habitacional Vicente Guerrero debido a que es la región con mayor número de árboles del género *Acacia* en el parque, con un total de 120 individuos. Esta zona de estudio comprende 2,088.1 m² (139.5 m² correspondientes al eje 6 sur y 1,948.6 m² a la Av. Carlos L. Gracidas).

b) Colecta de ejemplares para herborización y determinación en el herbario FEZA.

c) Conteo para obtener la relación porcentual de *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia* con base en largo y ancho de pecíolo, forma y tamaño de las semillas; se diferenciaron ambas especies.

d) Se colectaron 16 muestras de sustrato (de manera sistemática una cada 30 m) para análisis físicos y químicos. Las 16 muestras se

rotularon, etiquetaron y trasladaron al laboratorio para su pretratamiento y análisis.

- e) Se estudiaron 120 árboles de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* encontrados en la zona de estudio, por ello se midieron algunos de sus atributos (dosel, altura, diámetro de tallo, color, vigor y necrosis de pecíolo, floración y fructificación). Además, se llevó a cabo un seguimiento periódico al 10% del total de ellos. La elección de esta muestra se efectuó al azar y las variables que se midieron fueron dosel, altura, diámetro de tallo, color, vigor y necrosis de pecíolo, floración y fructificación.
- f) Se realizó el estudio de 12 árboles (6 de *Acacia saligna* y 6 de *Acacia nerifolia*) de un sitio no perturbado por residuos sólidos (como testigo) ubicado en el campus de la ENEP Aragón midiendo los atributos de dosel, altura, diámetro de tallo, color, vigor y necrosis de pecíolo, floración y fructificación.
- g) Se realizaron pruebas estadísticas (ANDEVA, de Comparación Múltiple y Análisis de Correlación) a los resultados de los atributos de los árboles y a los obtenidos de las características físicas y químicas del sustrato.
- h) Finalmente, se hizo el seguimiento en campo del arbusto *Rhus copallina* L., que por sus características vegetativas en el sitio seleccionado en campo es un buen candidato para revegetar el área impactada que nos ocupó.

3) Laboratorio. Las 16 muestras de sustrato fueron secadas a temperatura ambiente. Después se tamizaron en malla de 2 mm para homogeneizar el

tamaño de partículas; las muestras tamizadas fueron envasadas en bolsas de polipropileno, se rotularon y guardaron para su posterior análisis.

- a) El análisis físico y químico se realizó por duplicado mediante las siguientes técnicas:

Análisis	Método
Color	Tablas Munsell (1992)
Conductividad Eléctrica por pasta de saturación	Conductímetro (Chapman, 1979)
Clasificación Textural	Bouyoucos (Gaucher, 1971)
pH	Potenciométrico (Ríos, 1985)
Materia Orgánica vía húmeda	Walkley y Black (Jackson, 1982)

- b) Se realizaron pruebas en semillas de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* mediante las siguientes técnicas:

Análisis	Método
Viabilidad	Cloruro de Tetrazolio (Hartmann y Kester, 1987)
Escarificación	H ₂ SO ₄ concentrado (Hartmann y Kester, 1987)
Germinación	Tratamiento previo con H ₂ SO ₄ concentrado a 10, 20 y 30 min. (Hartmann y Kester, 1987)

Los ejemplares recolectados fueron herborizados y determinados en el herbario FEZA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Colecta para herborización y determinación.

Se colectaron muestras de cinco individuos para herborización. Una vez que éstas se secaron en la prensa, se etiquetaron y se llevaron al herbario FEZA para su determinación.

Las dos especies encontradas en la zona de estudio son *Acacia saligna* , Wendl y *Acacia neriifolia*, Cunn (FEZA 5227, 5228 y 5230).

2. Relación porcentual de individuos de *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia* que fueron estudiados.

En el Cuadro 1 se observa la relación porcentual que se encontró entre las dos especies. Su distribución en el parque no es homogénea pues hay lugares donde la densidad de ellos es alto en un espacio relativamente reducido y las ramas de unos y otros se tocan entre sí, mientras que en otros la separación es muy evidente (más de 20 m). Además se presenta el número de individuos que murieron al final del estudio (Cuadro 1a).

La relación entre las dos especies no es 1:1 y de manera azarosa se fueron colocando individuos de una especie en medio de la otra. Por otra parte, se notó que el método para plantar los individuos no fue el mismo, pues en una parte se hizo de forma paralela-opuesta, en otra se hizo de manera alternada y en otra sin ningún método. Esto se debe a que fueron introducidos al sitio sin un plan estratégico (Biól. Francisco Vázquez Tlaxeca, comunicación verbal).

Especie	Clave de Individuo	Total de Individuos	(%)
<i>Acacia saligna</i>	1, 6, 13, 14, 15, 17, 21, 22, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 42, 45, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 107, 108, 109, 112, 117, 120	72	60
<i>Acacia nerifolia</i>	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 26, 28, 29, 35, 36, 39, 41, 43, 44, 46, 48, 52, 56, 57, 58, 59, 62, 85, 86, 87, 95, 96, 105, 106, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 118, 119	48	40

Cuadro 1. Relación porcentual de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* en el Parque Cuicláhuac.

Individuos muertos al finalizar el estudio	<i>Acacia saligna</i> (clave de individuo)	<i>Acacia nerifolia</i> (clave de individuo)	Total (%)
6	14, 67, 81	85, 87, 115	5

Cuadro 1a. Relación de individuos muertos de cada especie.

3. Características físicas y químicas del sustrato.

Las 16 muestras de sustrato analizadas se agruparon en tres tipos de acuerdo a las similitudes encontradas entre ellas. Así, el grupo I se formó con las muestras 1, 2, 3, 5, 8, 10, 12, 15 y 16; el grupo II con las muestras 4, 6, 7 y 11 y el grupo III quedó compuesto por las muestras de sustrato 9, 13 y 14. Estos análisis pueden observarse con detalle en el Cuadro 2.

Grupo I

El color en húmedo fue predominantemente negro, aunque también se encontraron las variantes de café grisáceo muy oscuro y gris muy oscuro lo que puede deberse a la presencia de materia orgánica muy descompuesta (Foth y Turk, 1980). La conductividad eléctrica abarcó de 0.73-1.48 dSm⁻¹ por lo que se trata de un sustrato no salino (Velasco-Molina, 1988). El pH se reportó de 6.76-7.94 que lo ubica como de ligeramente ácido a moderadamente alcalino (Velasco-Molina, 1988), además de haber saturación de bases y CaCO₃ libre (Buol, *et al.*, 1981). Se encontraron tres muestras (8, 15 y 16) con un contenido de materia

orgánica de 3.3-3.5%, mientras que el resto se ubica entre el 5.3 y 6.6%, por lo cual se trata de un sustrato que es moderadamente rico para el primer caso y extremadamente rico para el segundo (Velasco-Molina, 1988). De acuerdo a la relación porcentual de las partículas de arena-limo-arcilla de estas muestras, su clasificación textural es de Franco-limosa (Foth y Turk, 1980).

Grupo II

El color en húmedo fue negro para el 50% de las muestras (7 y 11), pero además se registraron los colores gris muy oscuro (muestra 4) y café grisáceo muy oscuro (muestra 6) que se debe a la presencia de materia orgánica muy descompuesta (Foth y Turk, 1980), además de calcio y bióxido de manganeso (FitzPatrick, 1984). La conductividad eléctrica fue de 0.98-1.34 dSm⁻¹ por lo cual se trata de un sustrato no salino (Velasco-Molina, 1988). Como el pH obtenido fue de 7.32-7.97 se le considera de ligeramente alcalino a moderadamente alcalino (Velasco-Molina, 1988) con saturación de bases, CaCO₃ libre y aluminio no intercambiable (Buol, *et al.*, 1981). Se encontraron tres muestras (6, 7 y 11) con un contenido rico en materia orgánica (3.3-4.1%) y sólo una (muestra 4) como extremadamente rica (4.3%) (Velasco-Molina, 1988). Según la relación porcentual de arena-limo-arcilla para estas muestras se encontró que es de tipo Franco (Foth y Turk, 1980).

Grupo III

El resultado para la prueba de color en húmedo fue café oscuro que indica la presencia de materia orgánica (Foth y Turk, 1980) con presencia de calcio y bióxido de manganeso (FitzPatrick, 1984). La conductividad eléctrica fue de 0.73-0.74 dSm⁻¹ que ubica a este tipo de sustrato como no salino (Velasco-Molina, 1988). Con relación al pH se obtuvieron resultados de 7.58-7.78 que lo clasifica como ligeramente alcalino (Velasco-Molina, 1988). El contenido de materia orgánica indica que se trata de un sustrato medianamente rico (Velasco-Molina,

1988) pues los resultados obtenidos fueron de 2.1-3.0%. Por la relación obtenida de partículas de arena-limo-arcilla se le considera como Franco-arenoso (Foth y Turk, 1980).

Con base en lo anterior se consideró en mejores condiciones a los sustratos que conformaron el Grupo I, pues las características de materia orgánica con mayor grado de humificación de moderado a extremadamente rico, no salino, de ligeramente ácido a moderadamente alcalino y franco-limoso, permiten que los árboles se desarrollen en mejores condiciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 2. Caracterización física y química del sustrato en la zona de estudio del Parque Cuitláhuac.

Clave de Muestra	Color en Seco (Munsell)	Color en Húmedo (Munsell)	Conductividad Eléctrica (dSm^{-1})	Textura (% de Partículas)			Clasificación Textural	pH	Materia Orgánica (%)
				Arena	Limo	Arcilla			
1	2.5 Y 3/1 Gris muy oscuro	10 YR 2/1 Negro	1.24	42	54	4	Franco-limosa	6.76	5.3
2	10 YR 4/1 Gris oscuro	2.5 Y/1 Negro	1.38	42	54	4	Franco-limosa	7.00	6.3
3	10 YR 5/2 Café grisáceo	7.5 YR 2.5/1 Negro	1.48	42	54	4	Franco-limosa	7.40	5.3
4	2.5 Y 4/2 Café grisáceo	2.5 Y 3/1 Gris muy oscuro	0.98	48	40	12	Franco	7.32	4.3
5	2.5 Y 3/2 Café grisáceo muy oscuro	2.5 Y 2.5/1 Negro	0.87	42	54	4	Franco-limosa	7.52	6.5
6	2.5 Y 5/2 Café grisáceo	2.5 Y 3/2 Café grisáceo muy oscuro	1.07	48	40	12	Franco	7.66	3.3
7	2.5 Y 4/2 Café grisáceo Oscuro	2.5 Y 2.5/1 Negro	1.34	48	40	12	Franco	7.68	4.1
8	2.5 Y 5/2 Café grisáceo	2.5 Y 3/2 Café grisáceo muy oscuro	0.94	42	54	4	Franco-limosa	7.94	3.5

Cuadro 2. CONTINUACIÓN.

Clave de Muestra	Color en Seco (Munsell)	Color en Húmedo (Munsell)	Conductividad Eléctrica (dS m^{-1})	Textura (% de Partículas)			Clasificación Textural	pH	Materia Orgánica (%)
				Arena	Limo	Arcilla			
9	2.5 Y 5/4 Café olivo claro	10 YR 3/3 Café oscuro	0.73	52	28	20	Franco-arenoso	7.78	3.0
10	2.5 Y 5/2 Café grisáceo	10 YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	0.78	42	54	4	Franco-limosa	7.93	5.5
11	10 YR 5/2 Café grisáceo	7.5 YR 2.5/1 Negro	1.05	48	40	12	Franco	7.97	3.3
12	10 YR 4/2 Café grisáceo oscuro	10 YR 2/1 Negro	1.10	28	68	4	Franco-limosa	7.66	6.6
13	10 YR 5/3 Café	7.5 YR 3/4 Café oscuro	0.74	52	28	20	Franco-arenoso	7.59	2.4
14	10 YR 6/3 Café pálido	10 YR 3/3 Café oscuro	0.73	52	28	20	Franco-arenoso	7.58	2.1
15	10 YR 5/2 Café grisáceo	7.5 YR 3/1 Gris muy oscuro	0.91	28	68	4	Franco-limosa	7.92	3.3
16	10 YR 5/3 Café	10 YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	0.73	28	68	4	Franco-limosa	7.94	3.3

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

4. Situación Actual de los Árboles de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* en el sitio.

De cada uno de los 120 individuos del género *Acacia* encontrados en el área de estudio, se midieron los atributos que a continuación se describen y cuyos datos cuantitativos aparecen el Cuadro 3.

Dosel

Hubo gran variación en las medidas registradas tanto para *Acacia saligna*, como para *Acacia nerifolia*, encontrándose que el intervalo varía de 1.30, a 7.80 m y de 1.90 a 6.20 m respectivamente.

Altura

En este parámetro también se encontraron diferencias entre individuos, aún entre la misma especie. Así se encontró que para *Acacia saligna* el intervalo va de 2.50 a 6.57 m, en *Acacia nerifolia* el árbol más pequeño fue de 2.40 m y el más alto de 6.75 m.

Diámetro de Tallo

Aquí también se observaron diferencias muy notorias, así el árbol con mayor diámetro fue con 66.0 cm para *Acacia saligna*, mientras que el de menor diámetro fue de 6.0 cm para *Acacia nerifolia*.

Color de Pecíolo

Se identificaron en el sitio tres tonalidades diferentes que fueron:

a) Gris verdoso oscuro: 97 árboles, de los cuales 58 fueron de *Acacia saligna* y 38 para *Acacia neriifolia*.

b) Verde grisáceo: 22 ejemplares, de los que 14 representaron a *Acacia saligna* y 8 a *Acacia neriifolia*.

c) Gris verdoso: 1 individuo el cual fue de *Acacia neriifolia*.

El color verde de los pecíolos aunque con diferentes tonalidades nos indica que los individuos en términos generales no presentan deficiencias nutrimentales, sobre todo de elementos esenciales como el nitrógeno, fósforo, magnesio, potasio, etc. (Bidwell, 1979). Por ello se puede inferir que los individuos de las dos especies estudiadas se encuentran en muy buenas condiciones.

Vigor de Pecíolo

Para este parámetro se consideraron tres criterios: bueno, regular y malo.

Bueno cuando al tacto el pecíolo se sentía con una textura suave pero resistente; regular si se sentía cierta aspereza y menos resistente; malo cuando se rompía al doblarlo. Así se encontró que 73 árboles presentaron un vigor bueno, de los cuales 45 fueron de *Acacia saligna* (62.5% de los individuos de la especie), mientras que 28 de *Acacia neriifolia* (58.3% del total de individuos de esta especie). Se consideró a 44 individuos con un vigor regular, 25 de ellos para *Acacia saligna* (34.7% de individuos de la especie) y 19 para *Acacia neriifolia* (39.6% de la población de esta especie). Con un vigor malo se contabilizaron un total de 3 ejemplares, dos de ellos de *Acacia saligna* (2.8%) y uno de *Acacia neriifolia* (2.1%). Esto nos conduce a establecer que aún con la falta de riego continuo, los árboles optimizan la utilización de este recurso pues más del 50% de cada especie se encuentra con buenas condiciones de turgencia en su follaje.

Flor

Se consideraron dos opciones: presencia o ausencia. No se tomó en cuenta ni su estadio fenológico ni la cantidad de éstas en el individuo. Así se encontraron a 64 árboles con presencia de flor, de los que 36 representaron a *Acacia saligna* y 28 a *Acacia neriifolia*, es decir, 50.0% y 58.3%, respectivamente.

Fruto

En éste parámetro se realizaron las mismas consideraciones que en flor, encontrando a 91 individuos fructificando; 55 de éstos para *Acacia saligna* y 36 para *Acacia neriifolia*, que corresponde a un 76.4 y 75.0%, respectivamente.

Necrosis en Pecíolo

Se clasificó al arbolado de acuerdo con la siguiente escala para esta variable:

- 0 – 5% = sin necrosis
- 6 – 10% = necrosis ligera
- 11 – 30% = necrosis media
- 31% o más necrosis = severa

Con base en lo anterior, se ubicaron a 73 individuos carentes de necrosis: 45 de *Acacia saligna* (62.5%) y 28 de *Acacia neriifolia* (58.3%); con necrosis ligera se observaron un total de 26 árboles: 16 para *Acacia saligna* (22.2%) y 10 para *Acacia neriifolia* (20.8%); así también se localizaron 15 ejemplares con necrosis media, de los cuales 8 fueron de *Acacia saligna* (11.1%) y 7 de *Acacia neriifolia* (14.6%). Por último, 6 árboles fueron clasificados con necrosis severa: 3 para cada especie, es decir, con un 4.2 y 6.3%, respectivamente.

Necrosis en Fronda

Se aplicó la misma escala de necrosis en peciolo, a saber, 80 individuos con necrosis nula: 49 para *Acacia saligna* (68.0%) y 31 para *Acacia neriifolia* (64.6%); 12 árboles con necrosis ligera: 8 de *Acacia saligna* (11.1%) y 4 de *Acacia neriifolia* (8.3%); necrosis media en 22 ejemplares: 12 para *Acacia saligna* (16.7%) y 10 de *Acacia neriifolia* (20.8%); sólo 6 árboles se encontraron con necrosis severa: 3 de *Acacia saligna* (4.2%) y 3 de *Acacia neriifolia* (6.3%).

Se consideró que en general los árboles de ambas especies no han sufrido daños severos ni una merma considerable, pues al final del estudio sólo 6 de los 120 individuos murieron: 3 de *Acacia saligna* (individuos 14, 67 y 81) y 3 de *Acacia neriifolia* (individuos 85, 87 y 115) que representaron el 5% del total.

Con base en lo anterior, *Acacia neriifolia* resultó ser ligeramente menos dañada por la necrosis en peciolo y en fronda en comparación a lo encontrado para *Acacia saligna*. Dicha necrosis pudo deberse a deficiencias nutrimentales de algunos elementos como el cinc o el manganeso (Bidwell, 1979). Cabe mencionar que la mayoría de los árboles considerados con necrosis severa tienen la capacidad de regeneración elevada.

Los detalles de la medición de los atributos por individuo se pueden observar en el Cuadro 3.

Como se mencionó en el método, se hizo el seguimiento al 10% del total de individuos tomados al azar, es decir, a 12 de los 120 ejemplares para observar su comportamiento durante 5 meses (octubre de 2000 a marzo de 2001). Además, para ofrecer un análisis más amplio de la situación actual de éstos fue imprescindible relacionarlos con las características del sustrato del sitio de estudio pues juntos constituyen el llamado sistema planta-suelo (denominado sustrato

para este tipo de sitios). De este modo, los individuos fueron divididos en dos grupos de acuerdo a su especie y de lo cual se obtuvo lo siguiente:

Acacia nerifolia

Los individuos 7, 8, 9 y 62 presentaron aumento en altura y diámetro de tallo, permanencia de flor y fruto (con excepción de individuo 62), mejoría al disminuir la necrosis en peciolo aunque el porcentaje en fronda aumentó (Cuadro 4). Estas mejorías son atribuidas a un sustrato rico en materia orgánica (Foth y Turk, 1980) donde hay la presencia de sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar su estructura, así como suministrar nutrimentos para los árboles (Ortiz, 1980). Además, el hecho de que el sustrato sea de tipo Franco-limoso permite retener mayor cantidad de agua disponible para poder ser aprovechada por los individuos (Foth y Turk, 1980).

El ejemplar 36 presentó mejoría con relación al vigor y necrosis en peciolo, pues como ya se mencionó la textura Franco-limosa del sustrato le permitió retener suficiente agua (Foth y Turk, 1980). Se vio afectado al no mostrar aumento de altura ni en el diámetro de tallo (Cuadro 4), debido a que al tratarse de un sustrato ligeramente alcalino ($\text{pH} = 7.52$) se espera saturación de bases (Buol, *et al.*, 1981) con una buena cantidad de sales solubles y CaCO_3 libre que limitan el crecimiento vegetal (Foth y Turk, 1980). El individuo 115 murió (Cuadro 4).

Las características físicas y químicas del sustrato en general son buenas (Cuadro 2), pues hay presencia de materia orgánica descompuesta (Foth y Turk, 1980), es moderadamente alcalino ($\text{pH} = 7.92$), no salino (Velasco-Molina, 1988) que permite la asimilación de los nutrimentos, favoreciendo así el crecimiento y desarrollo de la planta (Foth y Turk, 1980). Tal vez la muerte del individuo 115 se deba en gran parte a la alta cantidad de sales en el sustrato, los cuales incluso eran percibidos a

simple vista, pues se encontraban en la superficie del sustrato en forma de "costras" blancas.

Acacia saligna

Los ejemplares 37, 38 y 117 presentaron aumento en altura y diámetro de tallo, además la necrosis en pecíolo disminuyó e incluso se abatió por completo como en el caso del individuo 117 (Cuadro 4), lo cual pudo deberse al hecho de tratarse de un sustrato rico en materia orgánica (Foth y Turk, 1980) que les suministró energía y nutrimentos (Ortiz, 1980). Al no haber la presencia de flor y fruto, se presupone que se debió a la situación moderadamente alcalina del sustrato (pH= 7.94) (Velasco-Molina, 1988), con saturación de bases (Buol, *et al.*, 1981) que afectan el desarrollo óptimo de la vegetación (Foth y Turk, 1980).

Los individuos 63 y 65 tuvieron poco aumento en su altura, en el diámetro de tallo sólo el árbol 65 mostró incremento, mientras que el otro se mantuvo constante; el vigor de pecíolo fue de regular a malo, la flor se encontró solo en el individuo 63, mientras que la ausencia de fruto fue para ambos. Por otra parte, aunque la necrosis de pecíolo no aumentó, sí se incrementó su presencia de manera drástica al nivel de toda la fronda pues pasó de un 10 a un 90% en el árbol 63 y del 5 al 100% para el ejemplar 65 (Cuadro 4), a pesar de las características de un sustrato rico en materia orgánica (Velasco-Molina, 1988).

El ejemplar 49 es un evidente caso de la capacidad de regeneración de esta especie, pues parecía que éste moriría inevitablemente por la necrosis tan severa del 100% en pecíolo y 70% en fronda, además de que el vigor del mismo era malo y sin presencia de flor ni de fruto. La necrosis se redujo a 0%, el vigor de pecíolo pasó a ser bueno, presencia de flor y fruto, incrementó su altura y diámetro de tallo (Cuadro 4). Además en la alta capacidad del árbol para recuperarse, el sustrato jugó un papel importante, pues contó con humedad suficiente, rico en materia

orgánica (Foth y Turk, 1980), con óxido de hierro que es fuente de nutrimentos para la planta (Fassbender y Bornemieza, 1975), que ayuda a la asimilación de nutrimentos y por tanto favorecen el crecimiento y desarrollo de la planta (Foth y Turk, 1980).

En la Figura 2 se pueden observar algunos detalles de los atributos para ambas especies.

Es importante mencionar que se continúan realizando visitas al sitio y estos individuos continúan manteniendo sus atributos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 3. Tabla de atributos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia*

27-Oct-00

Zona	Especie	Clave de Individuo	Doce (m)	Alura (m)	Diámetro de Talle (cm)	Color Pectolo (Tab. Manual)	Vigor Pectolo	Flor	Fruto	Necrosis en Pectolo (%)	Necrosis en Prunela (%)
	As	1	6.5	3.92	34	5G4/1	1	P	A	10	10
	An	2	3.1	3.98	24	5GY4/1	2	P	P	5	5
	An	3	3.2	2.59	15.5	5G4/2	1	P	A	5	5
	An	4	2.7	2.59	15	5G4/2	1	A	A	5	5
1	An	5	4	3.09	28	5G4/2	1	P	A	5	5
	As	6	6.4	5.86	47	5G4/1	2	P	P	10	10
	An	7	3.3	3.89	17.5	5G4/1	1	P	P	10	5
	An	8	3.4	4.29	29	5G4/2	1	P	P	10	10
	An	9	3.2	4.29	21	5G4/1	1	A	P	10	5
	An	10	3	4.69	17.5	5G4/1	2	P	P	90	30
2	An	11	2.3	4.29	13.5	5G4/1	2	P	P	100	5
	An	12	3	2.87	14.5	5G4/1	1	P	P	0	0
	As	13	4.9	2.87	20.5	5G4/1	1	A	P	0	0
	As	14	2.6	4.82	22.5	5GY4/1	1	A	A	0	0
	As	15	4.1	4.82	27	5G4/1	1	A	P	5	5
	An	16	4.6	4.52	24.5	5G4/2	1	P	A	0	0
3	As	17	2.3	2.99	13	5BG4/1	1	P	A	5	5
	An	18	3.3	5.14	20.5	5G4/1	2	P	P	10	15
	An	19	3.9	4.44	16	5G4/1	2	P	P	15	15
	An	20	4.3	4.84	6	5G4/1	2	P	P	15	10
4	As	21	3	3.83	15	5G4/1	1	P	P	10	5
	As	22	3.1	3.93	21	5G4/2	1	A	P	0	0
	An	23	5.1	3.43	27	5G4/1	2	P	P	15	25
	An	24	5.4	5.47	36	5G4/1	2	P	P	10	25

Especie:

As= *Acacia saligna*An= *Acacia nerifolia*

Vigor de pectolo:

1= bueno

2= regular

3= malo

Flor y Fruto:

P= presente

A= ausente

Claves para color:

5GY5/1= gris verdoso

5G4/1; 5GY4/1; 5BG4/1= gris verdoso oscuro

5G4/2; 5G5/2= verde grisáceo

TESIS COM
FALIA DE CARGEN

Cuadro 3. Tabla de atributos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* (CONTINUACIÓN)

27-Oct-00

Zona	Especie	Clave de inventario	Doce (m)	Altura (m)	Diámetro de Tallo (cm)	Color Peciolo (TABLA MARSA)	Vigor Peciolo	Flor	Fruto	Necrosis en Peciolo (%)	Necrosis en Fruto (%)
	As	25	1.8	5.17	15.5	5G4/1	1	A	A	0	0
	An	26	3.2	5.47	25.5	5G4/1	2	P	P	5	5
5	As	27	1.9	2.97	10	5G4/1	2	P	P	50	20
	An	28	4.5	2.58	20	5G4/1	2	P	P	15	15
	An	29	4.1	6.75	28	5G4/1	1	P	P	10	10
	As	30	4.3	5.17	24	5G4/1	1	P	P	5	5
	As	31	4.3	5.43	23	5G4/1	1	P	P	20	10
	As	32	2.9	5.16	19.5	5G4/1	1	A	P	15	5
	As	33	3.1	5.86	24.5	5G4/1	1	A	P	5	5
	As	34	3.7	5.78	18	5G4/1	1	P	P	10	5
	An	35	2.2	5.12	15	5G4/1	1	A	P	0	0
	An	36	4.2	6.57	23	5G4/1	2	A	P	5	30
	As	37	4.4	5.43	23.5	5GY4/1	2	A	P	10	5
	As	38	3.5	6.57	24.5	5G4/1	1	A	P	20	20
	An	39	2.4	5.41	14.5	5GY4/1	1	A	P	0	0
	As	40	3.2	5.94	24	5G4/1	2	A	P	90	30
	An	41	2.9	5.44	18	5GY4/1	1	P	P	25	30
	As	42	3.6	5.94	23.5	5G4/1	1	A	P	5	5
	An	43	2.2	5.94	14	5G4/1	1	A	P	70	20
	An	44	2	3.93	13	5GY4/1	2	A	A	0	0
6	As	45	3.3	4.61	23	5GY4/1	2	A	A	10	15
	An	46	2.7	3.72	10	5G4/2	2	A	A	0	0
7	As	47	3.1	2.73	18	5GY4/1	1	P	P	0	0
	An	48	2.5	2.73	14.5	5GY4/1	1	A	P	0	0

Especie:

As= *Acacia saligna*An= *Acacia nerifolia*

Vigor de peciolo:

1= bueno

2= regular

3= malo

Flor y Fruto:

P= presente

A= ausente

Claves para color:

5GY5/1= gris verdoso

5G4/1; 5GY4/1; 5BG4/1= gris verdoso oscuro

5G4/2; 5G5/2= verde grisáceo

Cuadro 3. Tabla de atributos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* (CONTINUACIÓN)

27-Oct-00

Zona	Especie	Clave de Individuo	Diámetro (m)	Altura (m)	Diámetro de Tallo (cm)	Color Peciolo (Tallo, Manos)	Vigor Peciolo	Flor	Fruto	Necrosis en Peciolo (%)	Necrosis en Frutos (%)
8	As	49	4.2	3.95	20.5	5GY4/1	1	P	A	100	70
	As	50	3	3.07	15	5G4/2	1	A	P	10	10
	As	51	2.8	3.07	21	5GY4/1	1	A	P	30	15
	An	52	3.4	3.86	28	5GY4/1	1	A	P	10	10
9	As	53	2.3	4.47	19.5	5BG4/1	1	A	P	0	0
	As	54	3.6	3.97	20.5	5G4/1	1	A	P	10	20
	As	55	2.3	3.97	12	5GY4/1	1	A	P	0	0
	An	56	3.5	4.91	22.5	5G4/1	1	P	P	10	5
	An	57	2.4	4.11	15	5BG4/1	2	A	P	0	0
10	An	58	4.3	4.41	23.5	5BG4/1	2	P	P	15	40
	An	59	4.5	3.91	27	5G4/1	1	P	P	15	50
	As	60	2.6	5.61	16.5	5G4/1	2	P	P	10	10
	As	61	4.1	5.41	26	5G4/2	1	P	P	5	15
	An	62	3.5	4.61	23.5	5G4/1	1	P	A	10	5
	As	63	4.5	4.81	24	5G4/1	1	P	P	10	10
	As	64	5.4	4.81	33.5	5G4/1	1	P	P	10	20
	As	65	4.6	4.81	27.5	5G4/2	2	P	P	10	5
	As	66	7.4	5	62	5G4/2	2	P	P	0	0
	As	67	3.7	5	28.5	5G4/1	2	P	P	10	5
	As	68	2.4	3.26	14.5	5G4/1	2	A	A	0	0
	11	As	69	4.8	4.59	38.5	5GY4/1	2	P	P	5
As		70	3.4	3.26	23.5	5G4/1	2	P	P	0	0
As		71	5.1	4.59	35	5GY4/1	1	P	P	5	5
As		72	4.2	4.59	31	5G4/1	2	P	P	10	50

Especie:

As= *Acacia saligna*An= *Acacia nerifolia*

Vigor de peciolo:

1= bueno

2= regular

3= malo

Flor y Fruto:

P= presente

A= ausente

Claves para color:

5GY5/1= gris verdoso

5G4/1; 5GY4/1; 5BG4/1= gris verdoso oscuro

5G4/2; 5G5/2= verde grisáceo

TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

Cuadro 3. Tabla de atributos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* (CONTINUACIÓN)

27-Oct-00

Zona	Especie	Clave de Individuo	Diámetro (m)	Altura (m)	Diámetro de Tallo (cm)	Color Pezclo (Tal. + Muscul)	Vigor Pezclo	Flor	Fruto	Neóreas en Pezclo (%)	Neóreas en Fronda (%)
	As	73	4.1	4.29	20	5G4/2	3	P	P	5	60
	As	74	4.5	4.29	24	5G4/2	1	P	P	10	10
	As	75	3.6	4.29	25.5	5G4/1	2	P	P	10	20
	As	76	1.7	4.09	12	5G4/2	1	A	P	0	0
	As	77	2.2	4.29	18.5	5GY4/1	2	P	A	0	0
	As	78	2.8	4.29	17	5G4/1	2	P	P	0	0
	As	79	2.7	3.07	18.5	5G4/1	2	P	P	0	0
	As	80	2.3	4.09	18.5	5GY4/1	2	P	P	20	5
	As	81	1.7	4.39	11.5	5G4/1	1	P	P	0	0
	As	82	2.7	4.09	19	5G4/1	2	P	P	15	5
	As	83	3.1	4.09	20	5G4/1	1	P	A	15	20
	As	84	3.5	4.09	18	5G4/1	1	P	P	0	0
	An	85	2.1	4.39	20	pezclo marchito	3	A	A	0	0
	An	86	3.1	4.39	18.5	5G4/1	1	A	A	0	0
	An	87	2.9	4.09	13.5	5G4/1	1	A	A	0	0
12	As	88	2.5	4.45	18.5	5G4/1	1	A	P	0	0
	As	89	3.3	4.95	27.5	5GY4/1	1	A	P	0	0
	As	90	3.3	3.26	13.5	5G4/1	1	A	P	0	0
	As	91	3.6	4.45	25	5GY4/1	1	A	P	0	0
	As	92	1.8	3.26	10	5G4/2	1	A	A	0	0
	As	93	3.7	4.44	21.5	5GY4/1	1	P	P	0	0
	As	94	4.3	4.44	18.5	5GY4/1	1	P	P	0	0
	An	95	2.8	4.14	16	5G4/1	2	A	P	10	30
	An	96	2.1	4.44	13	5G4/1	1	A	A	0	0

Especie:

As= *Acacia saligna*
An= *Acacia nerifolia*

Vigor de pezclo:

1= bueno
2= regular
3= malo

Flor y Fruto:

P= presente
A= ausente

Claves para color:

5G5/1= gris verdoso
5G4/1; 5GY4/1; 5BG4/1= gris verdoso oscuro
5G4/2; 5G5/2= verde grisáceo

Cuadro 3. Tabla de atributos de *Acacia saligna* y *Acacia nerriifolia* (CONTINUACIÓN)

27-Oct-00

Zona	Especie	Clave de Individuo	Dosel (m)	Altura (m)	Diámetro de Tallo (cm)	Color Pecíolo (Tab. Munsell)	Vigor Pecíolo	Flor	Fruto	Necrosis en Pecíolo (%)	Necrosis en Fronda (%)
	As	97	5	5.44	29.5	5G4/2	1	A	P	5	5
	As	98	2	3.28	10.5	5G4/1	1	A	P	0	0
	As	99	2.6	3.56	14	5G4/1	1	A	A	0	0
13	As	100	1.4	3.9	14	5GY4/1	2	A	A	5	20
	As	101	2.3	4.2	16.5	5G4/2	1	A	A	0	0
	As	102	2	2.7	9	5G4/2	2	A	A	5	10
	As	103	2.3	3.8	14.5	5G4/1	1	A	P	0	0
	As	104	1.3	2.7	9	5G4/2	2	A	P	0	0
	An	105	1.9	2.4	11	5G4/1	1	A	A	0	0
	An	106	2.3	2.5	11	5G4/1	1	A	P	0	0
	As	107	1.5	2.5	8	5G4/1	2	A	A	0	0
14	As	108	2.9	4.34	14	5G4/1	3	A	P	5	5
	As	109	2.1	3.43	17.5	5G4/1	2	A	A	15	5
	An	110	2.1	3.43	13	5G4/1	1	P	P	0	0
	An	111	2.9	3.43	16.5	5G4/1	1	A	P	0	0
15	As	112	3.9	3.48	25	5BG4/1	1	P	P	0	0
	An	113	6.2	6.19	43.5	5G5/2	2	P	P	0	0
	An	114	3.1	3.78	20.5	5GY4/1	2	P	P	0	0
	An	115	2.9	3.78	20	5GY5/1	2	A	P	0	0
	An	116	2	3.48	17	5G4/2	1	P	P	0	0
16	As	117	2.3	3.78	13	5G4/2	2	A	A	5	20
	An	118	3.5	3.78	16	5G4/1	1	P	P	5	5
	An	119	3.8	4.47	30.5	5G4/1	2	P	P	5	60
	As	120	7.8	4.47	58	5G4/1	1	P	P	0	0

Especie:

As= *Acacia saligna*An= *Acacia nerriifolia*

Vigor de pecíolo:

1= bueno

2= regular

3= malo

Flor y Fruto:

P= presente

A= ausente

Claves para color:

5GY5/1= gris verdoso

5G4/1; 5GY4/1; 5BG4/1= gris verdoso oscuro

5G4/2; 5G5/2= verde grisáceo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 4. Atributos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* registrados a lo largo del estudio de seguimiento.

Clave de Individuo	Especie	Determinación	Fecha	Dosel (m)	Altura (m)	Diámetro de Tallo (cm)	Color de Pecíolo (Tab: Munsell)	Vigor de Pecíolo	Flor	Fruto	Necrosis en Pecíolo (%)	Necrosis en Fronda (%)
7	An	1ra.	27-X-00	3.30	3.89	17.5	5 G 4/1	1	P	P	10	5
		2da.	10-XII-00	3.60	3.91	17.5	5 G 4/1	1	P	P	10	5
		3ra.	31-III-01	4.40	3.95	18.0	5 GY 4/1	2	P	P	10	10
8	An	1ra.	27-X-00	3.40	4.29	29.0	5 G 4/2	1	P	P	10	10
		2da.	10-XII-00	5.00	4.29	29.0	5 G 4/2	1	P	P	10	10
		3ra.	31-III-01	4.90	4.57	30.0	5 BG 4/1	2	P	P	5	10
9	An	1ra.	27-X-00	3.20	4.29	21.0	5 G 4/1	1	A	P	10	5
		2da.	10-XII-00	3.90	4.45	21.0	5 G 4/1	1	P	P	10	5
		3ra.	31-III-01	5.30	4.72	21.5	5 GY 4/1	2	P	P	5	30
38	An	1ra.	27-X-00	4.20	6.57	23.0	5 G 4/1	2	A	P	5	30
		2da.	10-XII-00	4.60	6.57	23.0	5 G 4/1	2	P	P	5	30
		3ra.	31-III-01	3.90	6.57	23.0	5 G 4/1	1	P	P	2	25
37	As	1ra.	27-X-00	4.40	5.43	23.5	5 GY 4/1	2	A	P	10	5
		2da.	10-XII-00	4.60	6.05	23.5	5 GY 4/1	2	P	P	10	5
		3ra.	31-III-01	3.20	6.92	24.0	5 GY 4/1	2	A	A	2	15
38	As	1ra.	27-X-00	3.50	6.57	24.5	5 G 4/1	1	A	P	20	20
		2da.	10-XII-00	4.00	6.00	24.5	5 G 4/1	1	P	P	20	20
		3ra.	31-III-01	4.40	6.77	25.5	5 GY 4/1	2	A	A	2	15
49	As	1ra.	27-X-00	4.20	3.95	20.5	5 GY 4/1	3	A	A	100	70
		2da.	10-XII-00	5.70	3.95	20.5	5 GY 4/1	2	P	A	100	50
		3ra.	31-III-01	5.20	4.58	21.5	5 GY 4/1	1	P	P	0	0
62	An	1ra.	27-X-00	3.50	4.61	23.5	5 G 4/1	1	P	A	10	5
		2da.	10-XII-00	4.81	4.63	23.5	5 G 4/1	1	P	P	10	5
		3ra.	31-III-01	3.80	4.72	24.0	5 G 4/1	2	P	A	2	90
63	As	1ra.	27-X-00	4.50	4.61	24.0	5 G 4/1	1	P	P	10	10
		2da.	10-XII-00	4.64	4.65	24.0	5 G 4/1	1	P	P	10	10
		3ra.	31-III-01	3.60	4.77	24.0	5 GY 4/1	2	P	A	5	90
65	As	1ra.	27-X-00	4.60	4.81	27.5	5 G 4/2	2	P	P	10	5
		2da.	10-XII-00	5.20	4.84	27.5	5 G 4/2	2	P	P	10	5
		3ra.	31-III-01	4.80	4.88	28.5	5 G 4/2	3	A	A	10	100
115	An	1ra.	27-X-00	2.90	3.78	20.0	5 GY 5/1	2	A	P	0	0
		2da.	10-XII-00	3.50	3.92	20.0	5 GY 5/1	2	P	P	0	0
		3ra.	31-III-01	0.00	4.27	20.0	S/P	S/P	S/F	S/FR	S/P	S/P
117	As	1ra.	27-X-00	2.30	3.78	13.0	5 G 4/2	2	A	A	5	20
		2da.	10-XII-00	2.30	3.96	13.0	5 G 4/2	2	P	P	5	20
		3ra.	31-III-01	2.40	4.18	13.5	5 GY 5/1	3	A	A	0	0

Especie:

As= *Acacia saligna*An= *Acacia nerifolia*

Vigor de pecíolo:

1= Bueno

2= Regular

3= Malo

S/P= sin pecíolo

Flor y Fruto:

P= Presente

A= Ausente

S/F= sin flor

S/FR= sin fruto

Claves para color:

5 GY 5/1=gris verdoso

5 G 4/1; 5 GY 4/1; 5 BG 4/1= gris verdoso oscuro

5 G 4/2; 5 G 5/2= verde grisáceo

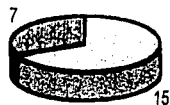
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 2. GRAFICAS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL SITIO DE ESTUDIO

1= *Acacia saligna*

COLOR DE PECÍOLO

2= *Acacia nerifolia*

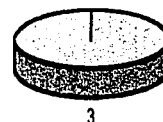
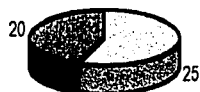


Gris verdoso oscuro

Verde grisáceo

Gris verdoso

VIGOR DE PECÍOLO



Bueno

Regular

Malo

FLOR

FRUTO



Presente

Presente

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN
 NEGATIVO

5. Análisis Estadísticos.

Se tomaron en cuenta los resultados obtenidos de los atributos de los individuos, así como los de los análisis físicos y químicos del sustrato del sitio de estudio. El programa estadístico de cómputo fue el SPSS 10. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

- Se hizo la prueba de contraste de hipótesis que incluyó el análisis de varianza para saber si hay diferencias entre ellas.
- Si se cumplía con el supuesto de que al menos un par de varianzas fuese diferente, entonces se procedía a realizar la prueba de comparación múltiple (o prueba de Tukey) para encontrar tales diferencias de manera puntual.
- Por último, se procedía a realizar el análisis de correlación (o de Pearson) para saber cómo se comportaban unas variables con respecto a las otras.

En virtud de que se encontraron diferencias significativas y opuestas entre este método contra lo obtenido en el laboratorio y en campo, se optó por no seguir adelante con este tipo de análisis. Estas diferencias tal vez se deban a que el método estadístico está diseñado para aplicarse a situaciones con modelos ideales, mientras que el presente trabajo se realizó en un sitio perturbado.

6. Situación de los Árboles de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* de un Sitio No Perturbado (Testigo).

De cada uno de los 12 individuos del género *Acacia* encontrados en el campus de la ENEP Aragón se consideraron los mismos criterios de evaluación que en el sitio de estudio.

Al hacer una comparación del lote testigo (Cuadro 5) con los resultados obtenidos en los doce individuos a los cuales se les hizo el seguimiento en el Parque Cuitláhuac (Cuadro 4), se observa que en términos generales no hay diferencias importantes entre unos y otros árboles. El lote testigo presentó mejor dosel, diámetro de tallo y menor necrosamiento del peciolo y fronda. Esto desde luego es atribuido por un lado a que el sitio ofrece a las dos especies mejores condiciones para su desarrollo por no estar perturbado por residuos sólidos y por otro lado a que los individuos se encuentran más espaciados entre sí, lo cual reduce la competencia interespecífica, además, como en este sitio el factor limitante no es el agua debido a que hay un riego permanente asistido, tienen mejores posibilidades de desarrollarse. De este modo se encontró que en el sitio no impactado (ENEP Aragón) se tiene:

Dosel

El intervalo varía de 4.0 a 8.5 m. El resultado inferior fue de *Acacia nerifolia*, mientras que el mayor fue de *Acacia saligna* (Cuadro 5).

Altura

En este parámetro también se encontraron diferencias entre individuos. Así se encontró que el árbol más pequeño con 3.5 m fue de *Acacia nerifolia* y el más alto con 7.6 m fue de *Acacia saligna* (Cuadro 5).

Diámetro de Tallo

Aquí también se observaron diferencias muy notorias, así el árbol con menor diámetro fue de 25.0 cm para *Acacia neriifolia*, mientras que el de mayor fue con 77.0 cm para *Acacia saligna* (Cuadro 5).

Color de Pecíolo

Se identificaron en el sitio dos tonalidades diferentes que fueron:

Gris verdoso oscuro: 10 árboles, de los cuales 5 fueron de cada especie.

Verde grisáceo: 2 ejemplares, 1 de cada especie (Cuadro 5 y Figura 3).

Vigor de Pecíolo

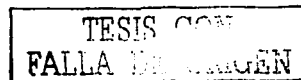
Se encontró que 10 árboles presentaron un vigor bueno, de los cuales 4 fueron de *Acacia saligna* (66.7% de los individuos de la especie), mientras que 5 de *Acacia neriifolia* (83.3% del total de individuos de esta especie). Se consideró a 3 individuos con un vigor regular, 2 de ellos para *Acacia saligna* (33.3% de individuos de la especie) y 1 para *Acacia neriifolia* (16.7% de la población de esta especie). No se contabilizaron ejemplares con vigor malo (Cuadro 5 y Figura 3).

Flor

Se encontraron a 9 árboles con presencia de flor, 6 representaron a *Acacia saligna* y 3 a *Acacia neriifolia*, es decir, 100.0% y 50.0%, respectivamente (Cuadro 5 y Figura 3).

Fruto

El único individuo fructificando fue de *Acacia saligna* (Cuadro 5 y Figura 3).



Necrosis en Pecíolo

Se clasificó al arbolado de acuerdo con la misma escala que la empleada para los árboles en estudio:

Así se ubicaron a 11 individuos carentes de necrosis: 5 de *Acacia saligna* (83.3%) y los 6 de *Acacia neriifolia* (100.0%); con necrosis ligera se observó un solo individuo que fue de *Acacia saligna* (16.7%) (Cuadro 5).

Necrosis en Fronda

Se encontraron 10 individuos con necrosis nula: 4 para *Acacia saligna* (66.7%) y 6 para *Acacia neriifolia* (100.0%); necrosis media en 2 ejemplares, ambos de *Acacia saligna* (33.3%) (Cuadro 5). Con base en lo anterior, *Acacia neriifolia* resultó ser menos dañada por la necrosis en pecíolo y en fronda en comparación a lo encontrado para *Acacia saligna*.

Con base en estas desigualdades entre los árboles de *Acacia* para ambas especies, se asume que el sustrato del parque Cuicatláhuac impactado por residuos sólidos impone condiciones de estrés importantes para el desarrollo de *A. saligna* y *A. neriifolia*. Sin embargo, ambas son suficientemente tolerantes a ellos, al grado tal que el 9.7 y 8.3%, respectivamente tienen una talla superior a los 5.6 m, una cobertura de 3.5 m y cumplen con su ciclo de vida normalmente, producen flores fértiles, semillas viables y con alto porcentaje de germinación como lo muestran las pruebas que a continuación se describen.

Cuadro 5. Tabla de atributos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* de usinito no perturbado por residuos sólidos.

Especie	Curva de Individuo	Dose (m)	Altera (m)	Diámetro de Tallo (cm)	Color Peclolo (Tus: Manera)	Vigor Peclolo	Flor	Fruto	Necrosis en Peclolo (%)	Necrosis en Fronda (%)
As	1	7.9	7.1	77	5G4/1	1	P	A	5	5
As	2	9.0	6.9	73	5BG4/1	2	P	A	0	0
As	3	7.5	7.6	60	5G4/1	1	P	A	0	0
As	4	8.5	6.8	49	5G4/1	2	P	P	5	15
As	5	8.0	6.5	62	5G4/2	1	P	A	10	30
As	6	5.0	5.6	36	5G4/1	1	P	A	0	0
An	7	7.0	3.7	43	5G4/1	2	P	A	5	5
An	8	4.0	3.9	25	5G4/2	1	A	A	0	0
An	9	5.5	5.6	58	5BG4/1	1	A	A	0	0
An	10	6.0	4.5	52	5G4/1	1	A	A	0	0
An	11	5.0	3.5	31	5G4/1	1	P	A	0	0
An	12	6.0	5	27	5BG4/1	1	P	A	0	0

Especie:

As= *Acacia saligna*

An= *Acacia nerifolia*

Vigor de peclolo:

1= bueno

2= regular

3= malo

Flor y Fruto:

P= presente

A= ausente

Claves para color:

5G4/1; 5BG4/1= gris verdoso oscuro

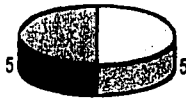
5G4/2= verde grisáceo

Fig. 3. GRAFICAS DE LA SITUACIÓN DE UN SITIO NO PERTURBADO

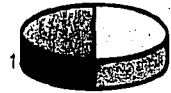
□ 1= *Acacia saligna*

COLOR DE PECÍOLO

■ 2= *Acacia nerifolia*

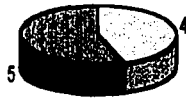


Gris verdoso oscuro

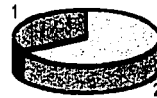


Verde grisáceo

VIGOR DE PECÍOLO



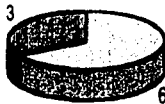
Bueno



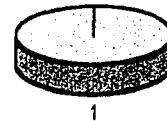
Regular

FLOR

FRUTO



Presente



Presente

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7. Viabilidad en semillas de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* colectados en el Parque Cuitláhuac.

Debido a que en el sitio de estudio no se encontraron individuos que se estén desarrollando *in situ* a partir de la germinación de semillas, se procedió a hacer esta prueba para observar si la situación mencionada se debía a condiciones adversas del sustrato, a las características intrínsecas de la semilla o a una combinación de ambos factores.

Se tomaron 50 semillas de 2 ejemplares de cada especie del sitio. Primero se hizo una escarificación con ácido sulfúrico concentrado a diferentes tiempos:

- 10 minutos,
- 20 minutos y
- 30 minutos

El mejor resultado se obtuvo en el tratamiento de 30 minutos debido a que la testa se ablandó para el 100% de las semillas tratadas. Después de lavarlas con agua destilada y sumergirlas en cloruro de tetrazolio al 1% por 24 h (Hartmann y Kester, 1987), se les retiró la testa y se observó cuáles eran viables (teñidas de rojo) y cuáles no (sin tinción). Los tratamientos se hicieron por separado para cada especie y los resultados fueron asentados en el Cuadro 6:

	Semillas viables	<i>A. saligna</i>	<i>A. nerifolia</i>	Semillas no viables	<i>A. saligna</i>	<i>A. nerifolia</i>
No.	94	45	49	6	5	1
%	94	90	98	6	10	2

Cuadro 6. Prueba de viabilidad en semillas de *A. saligna* y *A. nerifolia*.

Con un 94% de individuos que sobrevivieron al final del estudio, se concluye que las dos especies se encuentran en buenas condiciones debido a su capacidad de recuperación y por presentar características como ser plantas de sol, crecimiento en sustratos secos, ácidos, neutros o ligeramente alcalinos y soportar temperaturas extremas en ellos a lo largo del año, por lo que son idóneas para ser propuestas para su introducción a este tipo de sitios y así contribuir a la recuperación de la cubierta vegetal arbórea y por consiguiente a la formación de la barrera rompevientos.

Además se puede concluir que los embriones están vivos y son capaces de germinar y por lo tanto, podrá tener éxito en la propagación por semilla. Así, las plantas tendrán más probabilidades de desarrollarse por completo, se evitarán las lesiones durante su maduración y no envejecerán prematuramente. Cabe señalar que una limitante es el lento crecimiento para obtener individuos de talla juvenil (Duffus y Slaughter, 1980; Hartmann y Kester, 1987).

8. Prueba de Germinación para Semillas de *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia* .

Esta prueba se realizó para tratar de hacer un pronóstico sobre cuál de las dos especies en estudio podría aportar un mayor número de individuos si se quisieran introducir al sitio después de ser germinadas en condiciones de invernadero. Para ello se tomaron 400 semillas de dos individuos (uno de cada especie) del sitio de estudio, las cuales fueron sometidas a escarificación con ácido sulfúrico concentrado durante 30 minutos. Sólo se hizo este tipo de escarificación pues trabajos reportados con otras leguminosas de testa dura como *Senna didymobotrya* (García y Munguía, 2000) reportan que las pruebas de escaldado, remojo en agua caliente y escarificación mecánica no proporcionan resultados en poco tiempo (tardaron en germinar de 60 a 90 días) por lo que se seleccionó el

método de ácido sulfúrico concentrado. Posteriormente las semillas de *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia* fueron enjuagadas con agua destilada y se colocaron en una caja Petri con algodón humedecido con agua, el cual se rehumedeció cada tres días para evitar deshidratación de las semillas. Se tomó como tiempo uno de germinación al momento en el cual emergió la radícula. Esta prueba se dio concluida el día 37 pues ya no se apreció evidencia de que otras semillas fueran a germinar. Los resultados fueron los siguientes:

- a. En la prueba de *Acacia saligna* germinó el 71.7% del total de las semillas.
- b. En la prueba para *Acacia neriifolia* germinó el 94.5% del total de las semillas.

La relación entre el número de semillas y el tiempo de germinación se aprecian en la Figura 4.

Se considera que las semillas no germinan en condiciones naturales por la testa dura que las hace permanecer en letargo hasta que diferentes factores hacen más permeable su cubierta seminal y activan así su proceso de germinación, además de estrés hídrico que es una limitante importante (Salisbury y Ross, 1994; Weaver, 1980).

Los porcentajes obtenidos indican el número de plántulas que pueden ser producidas por cada lote de 100 semillas. Al presentar estos porcentajes altos de germinación, las plantas presumiblemente podrán resistir a condiciones ambientales desfavorables (Hartmann y Kester, 1987).

Los altos porcentajes de viabilidad de 90% para *A. saligna* y 98% para *A. neriifolia*, así como el elevado porcentaje de germinación del 71.2 y 94.5%, respectivamente, permiten aseverar que ambas especies son recomendables por

ser tolerantes a condiciones estresantes impuestas por el medio edáfico en aquellos sustratos impactados por residuos sólidos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

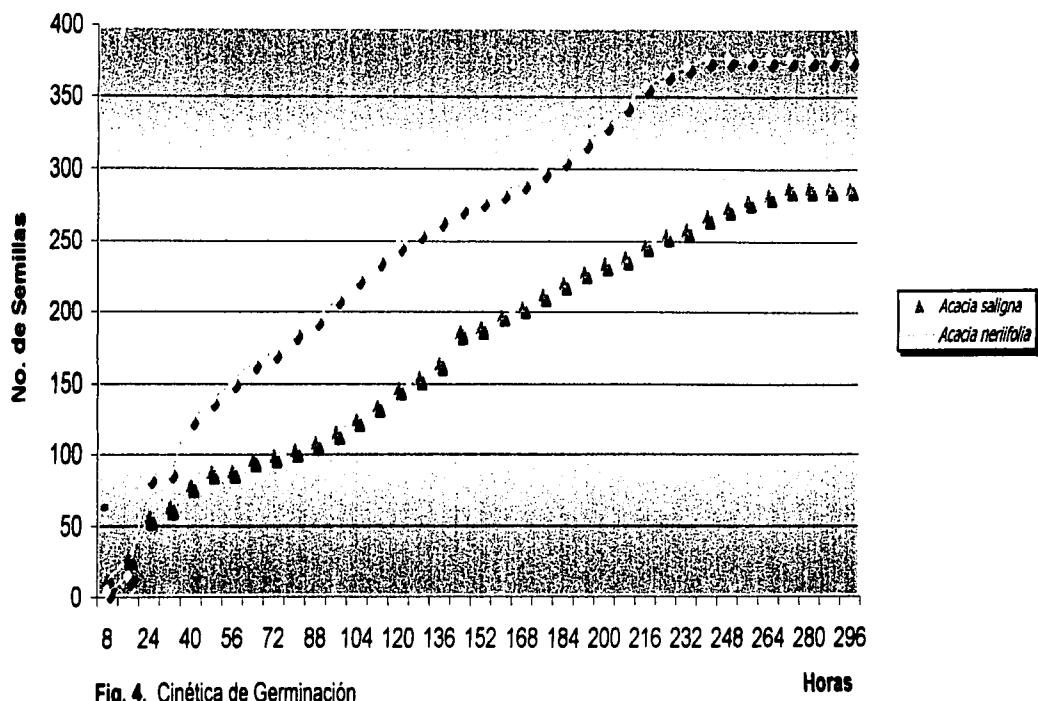


Fig. 4. Cinética de Germinación

9. Evaluación de arbusto *Rhus copallina*, L.

Durante la realización del presente trabajo se observaron varios arbustos dentro del perímetro de estudio que permanecieron en buenas condiciones siempre, por lo cual se tomaron muestras de éstos para su herborización y determinación en el herbario FEZA. La especie reportada por la Bióloga Genoveva Villalobos Contreras fue *Rhus copallina*, L., perteneciente a la familia de las Anacardiáceas. Además se hicieron mediciones de algunos de sus atributos: dosel, altura, color y vigor de hoja, presencia de flor y fruto, necrosis en hoja y fronda. Se midieron un total de 4 individuos. De lo más sobresaliente de estos resultados, son el hecho de presentar necrosis del 0% en hoja y fronda en tres de los individuos, así como un vigor bueno para todos los casos (Cuadro 7), lo que hace suponer que se ha logrado establecer aún con las condiciones adversas que el sitio ofrece.

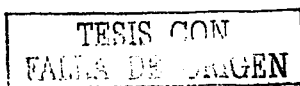
Clave de Individuo	Dosel (m)	Altura (m)	Color de Hoja (Munsell)	Vigor de Hoja	Flor	Fruto	Necrosis en Hoja (%)	Necrosis en Fronda (%)
1	3.30	1.50	5 G 4/1	Bueno	A	A	0	0
2	4.50	2.30	5 G 4/1	Bueno	P	A	0	0
3	4.00	2.10	5 G 4/1	Bueno	P	A	5	30
4	3.70	2.00	5 G 4/1	Bueno	P	A	0	0

Clave para color:
Gris verdoso oscuro

Flor y Fruto:
P= Presente; A= Ausente

Cuadro 7. Atributos de *Rhus copallina*, L. en el Parque Cuitláhuac.

Por las condiciones en las cuales se encuentran estos ejemplares se puede concluir que pueden ser de gran ayuda, pues al ser una especie perenne y con un buen vigor pueden contribuir a la formación de la barrera rompevientos, además de ser un excelente componente de la vegetación que puede introducirse en sitios como este.



ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

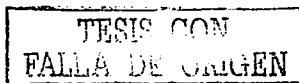
X. CONCLUSIONES

Para el estudio de las pruebas de viabilidad y germinación de semillas de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* se tuvo lo siguiente:

- El porcentaje de viabilidad es del 94%, esto aumenta las posibilidades de lograr desarrollar individuos con capacidad para poder ser introducidos a este tipo de sitios.
- Las dos especies presentan latencia morfológica de sus semillas como consecuencia de tener una testa dura.
- Se encontró un 71.7% de germinación en semillas de *Acacia saligna* y 94.5% para *Acacia nerifolia* provenientes del arbolado del extiradero cuando se sometieron a escarificación ácida por 30 minutos.
- Los altos porcentajes de germinación de semillas provenientes del arbolado del extiradero muestran la tolerancia e idoneidad de estas especies para ser utilizadas en la revegetación de áreas impactadas por residuos sólidos.

Situación actual de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* en el sitio:

- Aunque *Acacia saligna* se encontró en mayor proporción en el sitio, ésta presenta algunas dificultades como vigor de peciolo regular a malo y ausencias de floración y fructificación, sin embargo presentó tolerancia a situaciones severas del ambiente.



- *Acacia neriifolia* presentó más estabilidad pues tuvo aumentos de altura y diámetro de tallo más evidentes, permanencia de flor y fruto y el vigor de pecíolo fue de bueno a regular.
- El factor principal que limita el óptimo crecimiento y desarrollo de los individuos es el agua.
- Se encontró un 95% de sobrevivencia de *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia* en el extradero de Santa Cruz Meyehualco y en general las dos especies presentaron buenas características vegetativas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

XI. RECOMENDACIONES

- No intentar la introducción de individuos nuevos de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* sembrando las semillas en el sitio debido a las complicaciones que se presentan por la testa dura y por lo compacto del sustrato. Es mejor su germinación y desarrollo hasta la etapa juvenil en vivero y su posterior trasplante al sitio.
- Con un riego adecuado, sobre todo en la época de estiaje, se asegura el buen desarrollo de estos individuos.
- Realizar la plantación de los ejemplares de manera planificada y con una distancia mínima de 7m entre árbol y árbol.
- Estas especies pueden introducirse en sitios similares.
- Otra especie que también puede funcionar adecuadamente es el arbusto *Rhus copallina*, pues según lo observado, presenta características de establecimiento en buenas condiciones y tiene la gran ventaja de ser una especie perennifolia que puede contribuir a la formación de la barrera rompevientos.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Bailey, L.H. 1951. Manual of cultivated plants. Most commonly grown in the continental Unites States and Canada. Macmillan Publishing Co. U.S.A. p 592-605.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. AGT. México. p 265-292.
- Bold, H. C., J. Alexopoulos y T. Delevoryas, 1989. Morfología de las Plantas y los Hongos. Omega. España. p 914-925.
- Buol, S.W., F.D. Hole y R.J. McCracken. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trillas. México. p 65-96.
- Caparó, G. 1983. Desechos sólidos. Ingeniería civil-La Habana. Marzo-abril. Vol. 34, no. 2. p 191-210.
- Castillo, H. 1990. La sociedad de la basura. Ciencias. No. 20. Octubre. U.N.A.M. p 25-45.
- CETENAL (Centro de Estudios del Territorio Nacional). 1978. Carta Topográfica, serie CETENAL, Escala 1: 50 000. México.
- Chapman, Q.H. 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas. México. p 150-164.
- Delwiche, C.C. 1970. El ciclo del nitrógeno. Química y ecosfera. Selecciones de Scientific American. Blume. p 229-245.



- Duffus, C. y C. Slaughter. 1980. Las semillas y sus usos. AGT. México. p 12-20, 70-95.
- Farago, M.E. 1994. Plants and the chemical elements: biochemistry, uptake, tolerance and toxicity. VCH Ed. Germany. p 34-48.
- Fassbender, H.N. y E. Bornemieza. 1975. Química de suelos. (IICA). Colección de libros y materiales educativos. No. 81. p 45-54
- Fitter, A.H. y R.K.M. Hay. 1991. Environmental physiology of plants. 2nd Edition. Academic Press. Great Britain. p 128-261.
- FitzPatrick, E.A. 1984. Suelos. Su forma, clasificación y distribución. Continental. México. p 117-151.
- Foth, H.D. y L.M. Turk. 1980. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Continental. México. p 43-69.
- Galván, A., L. López y M. García. 1995. Caracterización del ex-tiradero de Santa Cruz Meyehualco y su efecto en la vegetación utilizada en la forestación. BIEN. Vol 2, no. 2. p 17-29.
- García, M. y A. Munguía. 2000. Evaluación del establecimiento de *Senna didymobotrya* para la recuperación de la cubierta vegetal arbórea para sitios de disposición final post-clausura. Trabajo de Tesis. México. p 8-38.
- Gaucher, G. 1971. Tratado de edafología agrícola: el suelo y sus características agronómicas. Omega. España. p 647-669.

- ➔ Hale, M.G. 1987. The physiology of plants under stress. John Wiley & Sons Ed. U.S.A. p 10-87.
- ➔ Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1987. Propagación de plantas: principios y prácticas. Continental. México. p 16-64.
- ➔ I.N.E.G.I. Estadísticas del medio ambiente. 1998. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección del ambiente: 1995-1996. INEGI. México. p 168-184.
- ➔ I.N.E.G.I. 1999. Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y zona metropolitana. México. p 218-232.
- ➔ I.N.E.G.I. 2000. Mapa condensado estatal. Escala 1: 80 000. México.
- ➔ Iza, J., D.J. Keenan y M.S. Switzenbaum. 1992. Anaerobic treatment of municipal solid waste landfill leachate: operation of a pilot scale hybrid UASB/AF reactor. Anaerobic Digestion VI. Vol. 25, no. 7. p 255-264.
- ➔ Jackson, Y. 1982. Análisis químico del suelo. Omega. España. p 198-213.
- ➔ Johnson, H. 1977. Los árboles. Blume. España. p 270-284.
- ➔ Jones, G.H. 1992. Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology. 2nd Edition. Cambridge University Press. USA. p 413-439.
- ➔ Loizidou, M. y E.G. Kapetanios. 1992. Study on the gaseous emissions from a landfill. Science Total Environmental. Vol. 127, no. 3. p 201-210.

- ➔ López, R. 1986. Análisis de la composta producida en la industrializadora de desechos sólidos Aragón. Memorias I Reunión de Investigadores Universitarios en Contaminación Ambiental. U.N.A.M. p 11-33.
- ➔ Mendes, R., J.M. Lema, R. Blazquez, M. Pan y C. Forjan. 1989. Characterization, digestibility and anaerobic treatment of leachates from old and young landfills. Water Pollution Research and Control. Vol. 21, no. 4-5. p 145-155.
- ➔ Munsell. 1992. Soil color charts. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. USA.
- ➔ Norma Oficial Mexicana NOM 083 ECOL/96 para la Construcción de Rellenos Sanitarios.
- ➔ Norma Oficial Mexicana NOM 084 ECOL/96 para la Operación de Rellenos Sanitarios.
- ➔ Nover, L., D. Neumann y K.D. Scharf. 1989. Heat shock and other stress response systems of plants. Springer-Verlag Ed. Germany. p 59-91.
- ➔ O'Connor, O.A., R. Dewan, P. Galuzzi y L.Y. Young. 1990. Lanfill leachate: a study of its anaerobic mineralization and toxicity to methanogenesis. Archive of Environmental Contamination Toxicology. Vol. 19, no. 1. p 143-147.
- ➔ Ortiz, B.V. 1980. Edafologia. Chapingo. México. p 63-112.
- ➔ Pastor, J., M. Alia, A.J. Hernández, M.J. Andarve, A. Urcelay y F.A. Antón. 1992. Ecotoxicological studies on effects of landfill leachates on plants and animals in central Spain. Proceedings of the Second European Conference on Ecotoxicology. Vol. Supplementary. Parts 1-2. p 127-144.

- Postgate, J. 1981. Fijación de Nitrógeno. Cuadernos de Biología. Omega. España. p 30-55.
- Rendig, V.V. y M.T. Howard. 1989. Principles of soil interrelationships. McGraw-Hill. USA. p 250-275.
- Ríos, G.R. 1985. Material didáctico del Laboratorio Integral de Biología IV: Prácticas del Módulo de Suelo, séptimo semestre. FES Zaragoza. México. pp 163
- Robinson, H.D. y P.J. Maris. 1983. The treatment of leachates from domestic wastes in landfills. Water Res. Vol. 17, no. 11. p 1537-1554.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1979. Flora fanerogámica del valle de México. Vol. I. Continental. México. p 280-302.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Iberoamérica. México. p 321-347.
- Sánchez, J. 1990. Estudio del comportamiento de un relleno sanitario mediante una celda de control. Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. SMISA E93-E101. p 477-484.
- Sultan, S.E. y F.A. Bazzaz. 1993. Phenotypic plasticity in *Polygonum persicaria*. I. Diversity and uniformity in genotypic norms of reaction to light. Evolution. 4: p 1009-1031.
- Tchobanoglous, G. 1998. Gestión integral de residuos sólidos. McGraw-Hill. Vol. II. p 880-894.

- ➔ Thompson, L.M. 1978. Los suelos y su fertilidad. 3ª Edición. Reverté. España. p 135-149.
- ➔ Tomar, O.S., P.S. Minhas, V.K. Sharma, Y.P. Singh y R.K. Gupta. 2002. Performance of 31 tree species and soil conditions in a plantation established with saline irrigation. *Forest Ecology and Management*. India. p. 7-19.
- ➔ Tosh, J.E., E. Senior, J.E. Smith e I.A. Watson-Craik. 1994. Landfill site restoration: The inimical challenges of ethylene and methane. *Environmental Pollution*. Vol. 83, no. 3. p 335-340.
- ➔ Unda, F. 1969. Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. UTEHA. México. p 870-894.
- ➔ Velasco-Molina, H.A. 1988. Uso y Manejo del suelo. Limusa. México. p. 41-191.
- ➔ Weaver, R.J. 1980. Reguladores del crecimiento de plantas en la agricultura. Trillas. México. p 165-187.
- ➔ Wong, M.H., K.C. Cheung y C.Y. Lan. 1992. Factors related to the diversity and distribution of soil fauna on Gin Drinkers' Bay landfill, Hong Kong. *Waste Management Restoration*. Vol. 10, no. 5. p 423-434.
- ➔ Wulff, R.D., A. Caceres y J. Schmitt. 1994. Seed and seedling responses to maternal and offspring environments in *Plantago lanceolata*. *Funct. Ecol.* 8: p 763-769.
- ➔ Zacharias, P.J.K. 1995. Microbiology of landfill sites. CRC Press. USA. pp 187-191.