



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

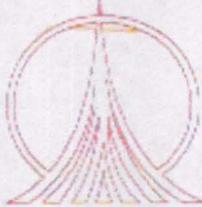
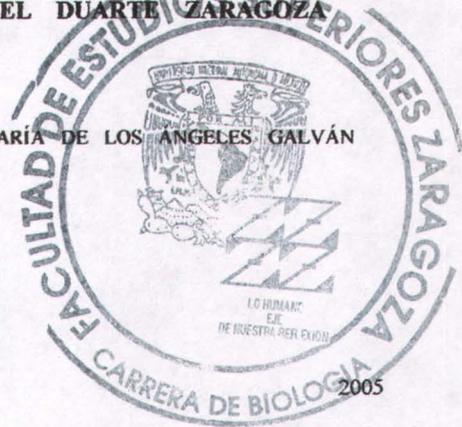
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

**Establecimiento de la cubierta vegetal  
arbórea (con el género *Acacia*) en un sitio de  
disposición final de post-clausura; Parque  
Recreativo Cuitlahuac.**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**B I Ó L O G O**  
P R E S E N T A:  
VICTOR MANUEL DUARTE ZARAGOZA

DIRECTORA BIÓL. MARÍA DE LOS ANGELES GALVÁN  
VILLANUEVA



FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA

MÉXICO, DF.

2005

m345552



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.

## **DEDICATORIA.**

*El presente trabajo lo dedico:*

### *A MIS PADRES.*

*Rosa y José quienes me han brindado todo su apoyo para lograr mis objetivos.*

### *A MIS HERMANOS*

*Javier, Feliciano, Antonio, Ana, Ángeles, Adriana, Maribel, Ángel, Rosa, quienes me han dado su apoyo y motivado a alcanzar mis metas.*

### *A TODOS LOS COMPAÑEROS Y AMIGOS*

*Gisela, Sinaí, Hugo, Raúl, Rebe, Almita, Vicky, Susana, Saúl, Nancy, Roger, Juaco, Alma, July, Claus, Paty, Ricardo, con quienes pase momentos agradables en mi camino hacia esta meta*

### *A LA BANDA*

*Güero, Carlos, Gilmar, Isra, Burrito, Wendy, Daniel, Andrés...*

## **AGRADECIMIENTOS.**

- Agradezco de manera especial a mi directora de tesis Biól. María de los Ángeles Galván Villanueva, por su amistad y gran apoyo y estímulo personal, en momentos difíciles de mi vida y en la realización de este trabajo.
- Al profesor M. en C. German Calva Vásquez por brindarme su amistad y por sus buenos consejos para la realización de este trabajo.
- A la Biól. Maricela Arteaga Mejía por su apoyo y valiosa contribución para la realización de este trabajo.
- Al M. en C. Ramiro Ríos Gómez por valiosa ayuda y excelente contribución para la mejoría de este trabajo.
- A la Biól. Elvia García Santos por su excelente contribución para la realización de este trabajo.
- Al Prof, José Núñez Flores por su amistad y buenos consejos en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL.

Página

A.- Índice de cuadros	i
B.- Índice de figuras	ii
I.- Resumen	1
II.- Introducción	2
III.-Marco teórico.	4
3-1.- Antecedentes	4
3-1-a) Residuos sólidos en la Ciudad de México	4
3-1-b) Tiradero a cielo abierto	5
3-1-c) Enterramiento controlado	5
3-1-d) Relleno Sanitario	5
3-2.- El suelo y la cubierta vegetal	7
3-2-a) Estrés vegetal	7
3-2-b) Estrés antropogénico	7
3-2-c) Estrés hídrico	8
3-2-d) Estrés por salinidad	8
3-3.- Biología de las especies	8
3-3-a) Características del género <i>Acacia</i>	8
3-3-b) <i>Acacia baileyana</i>	9
3-3-c) <i>Acacia saligna</i> ,	10
3-3-d) <i>Acacia nerifolia</i> ,	11
IV. Justificación	12
V. Hipótesis	13
VI. Objetivo general	14
6-1.- Objetivos particulares	14
VII. Descripción de la zona de estudio	15
7-1.- Localización geográfica	15
7-1-a) Zona de estudio.	15
7-2.- Topografía e hidrología	16
7-3.- Edafología y geología	16
7-4.- Condiciones climáticas	16
7-5.- Período de vida útil del ex tiradero Santa Cruz Meyehualco	16
7-6.- Clausura del ex tiradero Santa Cruz Meyehualco	16
VIII. Métodos y material	18
8-1.- Fase de gabinete	18
8-2.- Fase de campo	18
8-3.- Fase de laboratorio	19
IX. Resultados y análisis	20
9-1.- Censo del estrato arbóreo y arbustivo de Parque Cuitlahuac	20
9-1-a) Composición florística	20
9-1-b) Distribución de especies en el área A	23
9-1-c) Distribución de especies en el área B	23
9-1-d) Distribución de especies en el área C	24
9-1-e) Distribución de especies en el área D	25

9-1-f) Especies presentes en el camellón del Parque Cuitlahuac.	25
9-1-g) Individuos muertos en el Parque Cuitlahuac	26
9-1-h) Especies representativas de la cubierta vegetal arborea y arbustiva	26
9-2.- Identificación de especies	27
9-3.- Resultados y análisis de parámetros físicos y químicos del sustrato	28
9-3-a) Color	28
9-3-b) Textura	31
9-3-c) Conductividad eléctrica	33
9-3-d) Reacción pH del sustrato	34
9-3-e) Materia Orgánica	36
9-3-f) Consideraciones generales del análisis del sustrato	38
9-4.- Introducción de especies arbóreas	39
9-4-a) Primera introducción de especies	39
9-4-b) Segunda introducción de especies	40
9-5.- Seguimiento de las especies introducidas	41
9-6.- Caracterización del germoplasma de <i>Acacia spp.</i>	42
9-6-a) Determinación de la pureza	42
9-6-b) Determinación del peso de 1000 semillas	43
9-6-c) Tamaño del las semillas	44
9-6-d) Determinación del porcentaje de humedad	44
9-6-e) Determinación del porcentaje de viabilidad	45
9-6-f) Determinación del porcentaje de germinación	46
9-6-g) Etapa de viverización	49
X. Conclusiones	52
XI. Recomendaciones	53
XII Bibliografía	54
XIII. Glosario.	59
XIV. Anexo I	61

## A.- ÍNDICE DE CUADROS.

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Composición florística del Parque Cuitlahuac	20
<b>Cuadro 2.</b> Especies censadas en el área A	23
<b>Cuadro 3.</b> Especies censadas en el área B	24
<b>Cuadro 4.</b> Especies censadas en el área C	24
<b>Cuadro 5.</b> Especies censadas en el área D	25
<b>Cuadro 6.</b> Especies presentes en el camellón del Parque	25
<b>Cuadro 7.</b> Individuos muertos en el Parque	26
<b>Cuadro 8.</b> Especies arbóreas presentes en el Parque Cuitlahuac	26
<b>Cuadro 9.</b> Color del sustrato del Parque Recreativo Cuitlahuac, parte norte	29
<b>Cuadro 10.</b> Texturas del sustrato del Parque Recreativo Cuitlahuac	31
<b>Cuadro 11.</b> Conductividad eléctrica del sustrato del Parque Recreativo Cuitlahuac	33
<b>Cuadro 12.</b> Solución pH del sustrato del Parque Cuitlahuac	35
<b>Cuadro 13.</b> Materia orgánica del sustrato del Parque Cuitlahuac	36
<b>Cuadro 14.</b> Especies introducidas en el parque en julio de 2003	39
<b>Cuadro 15.</b> Especies introducidas en octubre de 2004	40
<b>Cuadro 16.</b> Seguimiento de las especies introducidas en el parque	41
<b>Cuadro 17.</b> Viabilidad de <i>A. saligna</i> y <i>A. neriifolia</i> con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	45
<b>Cuadro 18.</b> Viabilidad co previa escarificación mecánica	46
<b>Cuadro 19.</b> Mortalidad de plántulas de <i>A. saligna</i>	49
<b>Cuadro 20.</b> Mortalidad de plántulas de <i>A. neriifolia</i>	50

## B.- ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página
<b>Figura 1.-</b> <i>Acacia baileyana</i> F. Muel	9
<b>Figura 2.-</b> <i>Acacia saligna</i> , Wendl	10
<b>Figura 3.-</b> <i>Acacia neriifolia</i> , Cunn	11
<b>Figura 4.-</b> Zona de estudio	15
<b>Figura 5.-</b> Parque Recreativo Cuitlahuac	17
<b>Figura 6.-</b> Riqueza de especies del Parque Cuitlahuac	21
<b>Figura 7.-</b> Diversidad de géneros del parque	21
<b>Figura 8.-</b> Individuos vivos presentes en el parque	22
<b>Figura 9.-</b> Individuos muertos encontrados en el parque	22
<b>Figura 10.-</b> Área A del Parque Recreativo Cuitlahuac	23
<b>Figura 11.-</b> Área B del Parque Recreativo Cuitlahuac	23
<b>Figura 12.-</b> Área C del Parque Recreativo Cuitlahuac	24
<b>Figura 13.-</b> Área D del Parque Recreativo Cuitlahuac	25
<b>Figura 14.-</b> Ejemplar de <i>Acacia</i> del herbario FEZA	27
<b>Figura 15.-</b> Croquis Parque Recreativo Cuitlahuac, parte norte	28
<b>Figura 16.-</b> Introducción de especies en el Parque Cuitlahuac	39
<b>Figura 17.-</b> <i>Acacia neriifolia</i> (propagada)	40
<b>Figura 18.-</b> Germinación de <i>A. saligna</i>	47
<b>Figura 19.-</b> Germinación de <i>A. neriifolia</i>	48
<b>Figura.20.-</b> Etapa de viverización de <i>Acacia</i>	49
<b>Figura 21.-</b> Mortalidad de <i>A. neriifolia</i>	50
<b>Figura 22.-</b> Mortalidad de <i>A. saligna</i>	51
<b>Figura 23.-</b> Modificación del peciolo de <i>Acacia</i>	51

## I. RESUMEN.

La cubierta vegetal arbórea y arbustiva que se ha introducido e intentado mantener en el Parque Recreativo Cuitlahuac; cuya extensión territorial consta de 148 hectáreas (ex-tiradero Santa Cruz Meyehualco), ha tenido una serie de limitantes, debido a las condiciones extremas del sustrato (escasez de agua, temperaturas mayores a 60°C, baja concentración de nitrógeno disponible, alta concentración de metales pesados, salinidad y baja concentración de oxígeno), se observan síntomas de estrés en las plantas introducidas. Hasta el año 2002 la vegetación estaba principalmente compuesta por eucaliptos, sin embargo a partir de 2001 la plaga *Glyscaspis brimblecombei* o también llamada conchuela del eucalipto acabó con la gran mayoría de ellos (SMA, 2004).

Considerando lo anterior, al solo haber remanentes de vegetación en el parque, el proyecto tiene como objetivo establecer una cubierta vegetal en los estratos arbóreo y arbustivo: introduciendo especies resistentes a las condiciones del sustrato (salinidad, temperatura elevada y estrés hídrico, entre otros).

Para desarrollar el objetivo, a efecto de llevar a cabo una reforestación dirigida se requirió hacer un diagnóstico previo del lugar, por lo que se realizó un censo florístico, además se hizo un análisis físico y químico del sustrato con presencia de vegetación y con ausencia de esta. Se recolectó, caracterizó y propagó el germoplasma de las *Acacias* presentes en el sitio. Además se llevó a cabo la introducción y seguimiento de individuos de distintas especies (entre ellas *Acacias*).

De acuerdo con los resultados del censo, la cubierta vegetal arbórea esta representada por 10 géneros, 14 especies, con un total de 3 723 individuos. El sustrato presentó una alta heterogeneidad, con colores pardos, grises, y negros, se registraron zonas poco arcillosas con 1.28% y áreas con 22.4%, el sustrato es ligeramente alcalino con solución pH de 7 a 8 y presentó una conductividad eléctrica a 25 °C de 0.0114 dS/m<sup>-1</sup> a 3.3736 dS/m<sup>-1</sup>, se detectaron áreas con muy bajo contenido de Materia Orgánica de 1.20%, hasta 10.30%. De las especies introducidas, *Acacia baileyana* manifestó un excelente establecimiento, junto con la *jacaranda mimosifolia*. El germoplasma de las *Acacias* presentes en el parque, tiene una pureza del 92.3% y 87.3%; y una viabilidad del 100% y 96% para *A. neriifolia* y *A. saligna* respectivamente, de tal manera se obtuvieron plántulas con buen vigor en un tiempo de germinación de 31 a 35 días por escarificación ácida y 15 a 20 días por el método pre-germinativo de la escarificación mecánica para ambas especies.

Se concluyó que las especies de género *Acacia*, son las que han presentado una mayor capacidad de establecimiento a las condiciones del sustrato, aunado a esto, el germoplasma de las *Acacias* del parque presenta una buena alternativa para su propagación, viverización e introducción en otras áreas de este sitio de disposición final post-clausura.

## II. INTRODUCCIÓN.

La relación de armonía que alguna vez existió entre el hombre y la naturaleza, ha cambiado el aumento demográfico y el creciente desarrollo científico y tecnológico de los últimos 200 años desestabilizó esa buena relación. Se han consumido grandes cantidades de energía que se han liberando a la atmósfera sustancias y materiales contaminantes, tales como humos, polvos, cenizas, residuos de todo tipo, etcétera; en cantidades muy grandes ocasiona que el medio ambiente no pueda autodepurarse, esto refleja el desequilibrio del hombre con la naturaleza.

En la ciudad de México el problema de contaminación se remonta a la década de los años 50's del siglo anterior, las tolvaneras, los tiraderos y la refinera de Azcapotzalco era entonces un aviso de lo que posteriormente vendría. Y aunque la ubicación geográfica de la ciudad de México crea condiciones para la presencia de diversos contaminantes; el problema de la contaminación es un fenómeno estrictamente social (Salas, 1992).

La ciudad de México cuenta con una extensión territorial de 3 129 km<sup>2</sup> y una población de 20 millones de habitantes en el área metropolitana (INEGI, 2000). La generación de los residuos aumenta en función directa del incremento de la población. De 19 621 toneladas de basura que se generan a diario, más del 70% se distribuyen en los tiraderos y rellenos del Distrito Federal y el Estado de México, mientras que la restantes se depositan en las calles y terrenos baldíos de la ciudad (Jiménez, 2001). Actualmente la inmensa mayoría de estos residuos son depositados en tiraderos a cielo abierto, en una forma inadecuada y sin cumplir con los requisitos técnicos para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente. La aplicación de un procedimiento adecuado, desde la recolección hasta la disposición final de los residuos sólidos municipales, coadyuvará de manera importante a la protección del ambiente.

Por la desmedida generación de basura en el país, actualmente, el relleno sanitario es la técnica más apropiada para la disposición de los residuos sólidos generados en los distintos asentamientos humanos (Manual de rellenos sanitarios, 1985), la mayoría de los sitios de disposición final son los enterramientos controlados y actualmente con poca frecuencia los tiraderos a cielo abierto. Aunque estas técnicas son muy parecidas, existen algunas diferencias entre ellas, ya que el relleno sanitario consiste en depositar la basura en un área de 100 m<sup>2</sup>; llamada celda de confinamiento, donde se excava para formar una fosa que debe ser impermeabilizada para evitar escurrimientos (método de trinchera) y se instalan sistemas de captación para lixiviados y biogás, extendiendo y cubriendo diariamente los residuos.

En el enterramiento controlado se elige un área en donde la basura se extiende y se comprime, después se forma una montaña de aproximadamente 2 metros de alto y luego se cubre con tierra, o bien con el producto del desahorro de los tubos de drenaje. Mientras que el tiradero a cielo abierto solo consiste en la disposición de los residuos sólidos al aire libre (Leal *et al.*, 1995). La disposición final de residuos sólidos causa serios problemas de contaminación en el agua, aire y suelo lo que hace necesario tener un conocimiento detallado de estos lugares y de su posible saneamiento.

La construcción de los rellenos sanitarios únicamente minimiza momentáneamente los problemas asociados a los residuos sólidos, estas construcciones cumplen con un tiempo de vida media relativamente corto de aproximadamente 15 años; dependiendo de la cantidad de residuos depositados, clausurado el sitio, el problema es ¿que hacer con el predio?, al ser una zona con diversos tipos de materiales, entre los que se encuentran residuos peligrosos como biológico infecciosos, metales pesados e hidrocarburos. Por esta razón en la última década los sitios de disposición final se han convertido en áreas verdes destinados al esparcimiento (SEGEM, 2004).

Sin embargo, por las condiciones extremas de estos sitios, la cubierta vegetal que se ha introducido, ha presentado trastornos fisiológicos que han impedido su adecuado desarrollo, el sustrato presente en el sitio se caracteriza por ser una mezcla de diferentes materiales (suelo de diferentes lugares, material de construcción, escombros), y tiene bajo contenido de nitrógeno, de medio a extremadamente rico en materia orgánica, ligeramente alcalino, con estrés hídrico, temperaturas que se generan en el interior de la columna de basura mayores de 60°C, alto contenido hidrocarburos y metales pesados; también se ha registrado una concentración promedio de Fe con 3227.46 ppm, Zn con 1180 ppm, Cr de 1458 ppm, etc. (Galván, 1995b).

Es importante señalar que no existe una planificación profesional para la recuperación de la cubierta vegetal, lo que explica el escaso éxito en el establecimiento de los organismos introducidos y un desarrollo deficiente en los que logran sobrevivir. Por la baja densidad vegetal existente, se observa pérdida del sustrato e inestabilidad de los taludes ya conformados; lo cual ocasiona que los residuos sólidos queden expuestos al intemperie. Con base a lo antes señalado, resulta necesario trabajar con especies que tengan una mayor capacidad de éxito para sobrevivir en condiciones extremas como los sitios de disposición final post-clausura.

Con el fin de establecer la cubierta vegetal arbórea y arbustiva en el Parque Recreativo Cuitlahuac, se propone la introducción de especies principalmente del género *Acacia* por ser fijadoras de nitrógeno atmosférico y tolerar altas temperaturas. El lugar fue un tiradero a cielo abierto con una vida útil de 35 años y clausurado en 1983, ahora funcionan como un área de esparcimiento y recreación social, lo que hace importante el estudio funcional del sustrato y vegetación de la zona. Por otro lado el mal manejo y mantenimiento del parque provoca un incremento significativo en el costo, por lo que este estudio beneficiará, no solo a éste, sino a muchos lugares en condiciones similares, con la finalidad de aportar alternativas para la resolución del problema, aumentando las alternativas para el establecimiento de la cubierta vegetal.

### III. MARCO TEÓRICO.

#### 3-1. Antecedentes.

Durante casi un millón de años el hombre se mantuvo en armonía con la naturaleza, no obstante, la explosión demográfica y el impresionante avance tecnológico de los últimos 200 años han desestabilizado la buena relación, pues al incrementarse la población, se emplea un gasto mayor de energía. De tal manera no solo se extraen los recursos naturales de forma desmesurada, sino que provoca también una emisión mayor de sustancias y materiales contaminantes como humos, polvos, gases, cenizas, residuos de todo tipo, etc., en cantidades que supera la capacidad de la naturaleza de deshacerse de ellos (Salas, 1992).

En la Ciudad de México el problema de la contaminación empieza en los años 50's, cuando la refinería de Azcapotzalco, los basureros y las tolvaneras comenzaron a hacerse cada vez más notables, ocasionando daños en la salud de los habitantes y modificaciones al medio ambiente cada vez más comunes. La magnitud del problema ocasionó que en 1971 se publicara la ley Federal sobre contaminación, sin embargo el problema no decreció y hoy en día la Ciudad de México es una de las más contaminadas del mundo (Salas, 1992).

Sin duda, la generación de residuos ha sido uno de los principales problemas de la Ciudad de México por comodidad y tradición, se había optado por el método de disposición en los tiraderos a cielo abierto. De hecho, se contaba con 8 de estos ubicados en: Santa Cruz Meyehualco que operaron por más de 30 años. A partir de 1982 el gobierno comenzó a cerrarlos y a construir áreas verdes. Por su dimensión de 148 ha destaca la clausurada del tiradero de Santa Cruz Meyehualco y en el que actualmente se ubican dos parque recreativos (Parque Cuitlahuac). Posteriormente en 1985 se clausuro el tiradero de San Lorenzo Tezonco, que ocupaba el tercer lugar en importancia en el Distrito Federal ya que recibía cerca de mil toneladas diarias de basura y albergaba a 2500 pepenadores. En mayo de 1987 después de 35 años de operación se cerró el tiradero de Santa Fe y en 1994 los tiraderos de Tlalpan, Milpa Alta y Texcoco. Durante 1985 y 1987 iniciaron su operación los rellenos sanitarios del Bordo Poniente del vaso de Texcoco, el de Prados de la Montaña y el de Santa Catarina, que con una superficie total de 238ha, recibía los desechos colectados en la ciudad. La vida útil de los dos primeros es de 15 años. En la actualidad se dice que de los 11 tiraderos que existían en el Distrito Federal solo 2 funcionan actualmente, así mismo el 19% se encuentran activos, mientras que el 81% restantes son inactivos (Jiménez, 2001).

#### 3-1-a). Residuos sólidos de la Ciudad de México.

De acuerdo con Trejo (1994) los basureros de la Ciudad de México nos ofrecen una amplia visión de lo que diariamente desperdiciamos. En esos sitios se puede encontrar una gran cantidad de envolturas, basura orgánica en descomposición, botellas y pedazos de vidrio, latas de hierro y aluminio, muebles estropeados, aparatos eléctricos descompuestos, etcétera. También hay materiales peligrosos, tales como, recipientes con restos de plaguicidas, pinturas, pegamentos, acetonas, aceite de coche usado, restos de pilas, medicamentos, productos de limpieza (clarasol, detergentes, jabones), entre otros residuos.

### **3-1-b). Tiradero a cielo abierto.**

Los tiraderos a cielo abierto son una fuente de contaminación del aire, no solo por las partículas que transporta el viento, sino también porque en estos sitios con frecuencia suelen producirse incendios, debido a las elevadas concentraciones de gas metano que se producen, que ocasionan fuegos prolongados y recurrentes, temperaturas en la columna de la basura de 60°C o más. Por otro lado, los insectos y roedores proliferan convirtiéndose en plagas las cuales se desplazan a zonas aledañas, lo que representa un gran riesgo para la población (Leal *et al.*, 1995).

Además de que los tiraderos son peligrosos para el aire y el agua, el terreno que se utiliza como basurero queda prácticamente inservible debido a que, al depositar la basura, se cubre la capa vegetal que había originalmente. El suelo se erosiona y crea polvo saturado de microorganismos y partículas nocivas. Después, el viento ocasiona que se formen tolvaneras en estos sitios, y traslada los residuos de un lugar a otro de la Ciudad de México (Salas 1992). En repetidas ocasiones se ha intentado reforestar y dar utilidad a los terrenos cuando el basurero se ha clausurado, pero las condiciones adversas existentes en el área dificultan que puedan volverse útiles.

Los tiraderos a cielo abierto han sido la forma tradicional en la que se acumulan los desechos sólidos de las ciudades. En la Ciudad de México han existido muchos basureros de este tipo. Algunos ejemplos son el tiradero de Santa Cruz Meyehualco en el oriente (clausurado en 1983), el de Santa Fe en el poniente (clausurado en 1986) y el de Prados de la Montaña cerca de Santa Fe. Hoy en día se encuentran funcionando el tiradero de Santa Catarina y 15 más, distribuidos por el Estado de México (Jiménez, 2001).

### **3-1-c). Enterramiento controlado.**

En este método de disposición final de residuos sólidos se elige un área en donde la basura se extiende y se compacta, después se forma una montaña de aproximadamente 2 metros de alto y luego se cubre con tierra, o bien con el producto del desasolve del drenaje, de forma discontinua, para evitar parcialmente la dispersión de la basura (Leal *et al.*, 1995).

### **3-1-d). Relleno sanitario.**

Actualmente este método es el más utilizado. Consiste en depositar la basura en un área pequeña; previamente seleccionada y a la cual se le debe de realizar estudios geológicos, hidrogeológicos y otros complementarios. En el sitio elegido se excava para formar una fosa que debe ser impermeabilizada (geomembrana) para evitar escurrimientos, se extiende, se comprime y se cubren a diario los residuos depositados. Se instalan sistemas de captación para lixiviados y biogás, con esto se evitan posibles incendios en los sitios, además se impide que los lixiviados lleguen al subsuelo y contaminen los mantos acuíferos. Cuando los depósitos cumplen con estos requisitos, son una de las mejores alternativas de disposición final para los desechos (NOM, 083 ECOL/1996).

Aunque en México existen varios sitios llamados rellenos sanitarios, estos deberían de cumplir con la normatividad vigente para minimizar los impactos al ambiente (NOM 083 ECOL/1996) También deben de contar con programa de monitoreo continuo para contrarrestar, controlar los problemas de contaminación, reducir riesgos de incendios y mantener una cubierta vegetal que evite el afloramiento de los residuos, a corto, mediano y largo plazo.

De los lugares que son considerados como rellenos sanitarios son el Bordo Xochiaca Neza I y II en ciudad Nezahualcóyotl (no cumple la normatividad vigente, ya que carece de la geomembrana, captación de biogás y lixiviados, además de que no tiene control en la cantidad de residuos sólidos) y el Bordo Poniente en el noreste de la ciudad, cuenta con celdas de contención para los residuos, que se cubren con tierra o arcilla al final de cada jornada y sistemas para la captación de biogás, aunque actualmente se esta colocando la geomembrana que capta los lixiviados no cuenta con sistema de tratamiento para ellos (Jiménez, 2001).

De los materiales depositados en general, tanto en tiraderos a cielo abierto como en rellenos sanitarios o enterramientos controlados tienen un tiempo de degradación y descomposición muy variable, por lo regular se alcanzan temperaturas de 60°C. Esto da lugar a la formación de nuevos componentes químicos y biológicos que provocan la contaminación del medio, haciendo que el suelo en donde se encuentran depositados los residuos sólidos municipales, así como los sitios aledaños pierdan muchas de sus propiedades y puedan ser potencialmente tóxicos. Los principales componentes de la transformación química y biológica de la basura son el biogás y los lixiviados, estos pueden dispersar y causar problemas de contaminación ambiental severos.

De las 19 621 toneladas de basura que se generaban por día antes del año 1995, aproximadamente 15 000 se distribuían en los sitios de disposición final del Distrito Federal y Estado de México, las restantes se depositaban en las calles y terrenos baldíos de la ciudad. Según datos de la Secretaria de Ecología del Estado de México (citado en Leal *et al*, 1995), en el relleno sanitario de Bordo Poniente se recibían para su depósito 8 500 toneladas diarias, en Santa Catarina alrededor de 2 500, y en los 15 tiraderos del Estado la demás basura. Esto quiere decir que el 22.9 % de la basura que se produce en la ciudad no es recolectada, lo cual representa un elevado riesgo para la salud de la población (Leal *et al*, 1995). Las cifras de generación pueden varias significativamente por ejemplo en un estudio realizado en 17 ciudades con más de un millón de habitantes señala que la producción en México es de 23 000 tn/día, y que sólo el 35% de la basura generada se dispone en sitios controlados (Sánchez, 1990).

Por otro lado, en el momento de la clausura del sitio, se debe desarrollar un plan de mantenimiento post-clausura, el cual incluye una serie de actividades continuas, empezando en la supervisión de los controles ambientales, de acuerdo a lo que establece el proyecto de norma PROY-NOM 084 ECOL/96

### 3-2. EL SUELO Y LA CUBIERTA VEGETAL.

El suelo es sumamente importante para la plantas, proporcionándoles la base sólida para fijarse y suministrar elementos minerales necesarios para su sobrevivencia, cuenta también con diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos que influyen en el establecimiento y desarrollo de las mismas, ya que cualquier variación puede favorecer o perjudicar su existencia. En el caso de los sitios de disposición este factor se ve constantemente afectado, debido a la gran cantidad de contaminantes que aporta la columna de basura al ser estos mezclados de forma directa con el sustrato, por lixiviación de algunos residuos solubles, por la generación de biogás entre otras formas (García y Murguía, 2000).

La presencia o ausencia de oxígeno, en el sustrato de los sitios de disposición final, es un factor importante y determinante para la obtención de los productos finales de la biodegradación de la materia orgánica, ya que cuando la basura es depositada comienza una degradación aeróbica obteniéndose como productos finales bióxido de carbono, amonio y agua, pero al disminuir las concentraciones de oxígeno empieza la degradación anaeróbica en la cual se identifican dos fases la no metanogénica y la metanogénica (Zhang, *et al.*, 1995).

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 la descomposición dan como resultados un líquido contaminante llamado lixiviado cuya composición es variable y potencialmente tóxicos, contiene altos niveles de Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno amoniacal y Metales Pesados como (Fe, Zn, Cu, Ba, Cr, Hg y Pb) y microorganismos patógenos (Mendes, *et al.*, 1989).

La vegetación nativa o introducida en los sitios de disposición final post-clausura, sufre diversas afectaciones debidas a las condiciones adversas antes mencionadas.

#### 3-2-a). Estrés vegetal.

La aclimatación que las plantas sufren a diversos factores ambientales; llamados estrés, tales como carencia de agua, falta de oxígeno, una elevada concentración de sales, por mencionar algunos, afectan de alguna forma a la planta y envuelve las respuestas fisiológicas, esto ayuda a maximizar el uso de los factores externos e internos durante la exposición a algún tipo de estrés (Money *et al.*, 1991).

#### 3-2-b). Estrés antropogénico.

Los efectos del estrés antropogénico en la absorción de nutrimentos son generalmente consistentes y las plantas son alteradas en el balance carbono-nutrimentos. Los metales pesados generalmente restringen el crecimiento de las plantas, esas condiciones potencialmente limitan la absorción de los nutrimentos. No obstante los

metales pesados no inhiben directamente el proceso de asimilación, excepto cuando existe una competencia entre elementos químicamente similares como son p.e. el plomo y el calcio (Money *et al.*, 1991).

### 3-2-c). Estrés hídrico.

El estrés hídrico se ha definido como cualquier factor capaz de inducir la tensión potencialmente dañina en plantas y células, esta puede ser reversible o irreversible (Fitter y Hay, 1991). La temperatura en la cual la mayoría de los organismos viven, oscila entre los 5°C y 40°C, el incremento de este parámetro afecta el metabolismo y crecimiento de las plantas, sin embargo, el intervalo varía de especie a especie (Sutcliffe, 1979). Cuando la temperatura del sustrato aumenta la tasa de evaporación se hace más grande haciendo que las plantas sufran con mayor frecuencia una situación de estrés hídrico: En algunas áreas se ha propuesto recircular los lixiviados para mantener la humedad del sustrato observando que al hacerlo la concentración de sustancias tóxicas se incrementa ocasionando en la mayoría de las especies vegetales la inhibición de la abertura de los estomas, la fotosíntesis y la transpiración entre otros.

### 3-2-d). Estrés por salinidad.

La elevada concentración de sales en la solución del suelo, pueden causar efectos directos o indirectos en el crecimiento radicular, lo cual altera el potencial osmótico en la raíz y la incorporación de agua se ve reducida, afectando también la permeabilidad de la membrana radical, la plasticidad celular, transpiración, tasa de elongación radical. La salinidad afecta el balance nutricional de la planta, es decir cuando el pH se incrementa reduce la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes esenciales (Rending y Howard, 1989).

## 3-3. BIOLOGÍA DE LAS ESPECIES.

(*Acacia baileyana* F.Muell, *Acacia saligna* Wendl, *Acacia nerifolia* Cunn)

### 3-3-a). Características del género *Acacia*

Son árboles, arbustos o trepadoras de hojas perennes alternas, con frecuencia bipinadas, a veces reducidas a filodios, en ocasiones con glándulas en el raquis o pecíolos, con estipulas, que a menudo son espinosas. Inflorescencias en espigas, racimos o panículas. Flores hermafroditas amarillas, en invierno o primavera. Actinomorfas (3-5) sépalos, parcialmente unidos; 5 pétalos a veces 3 o 7 estambres de 4 a 10 o más, separados o unidos en la base, normalmente excediendo al perianto y confiriéndole a la inflorescencia su colorido y apariencia. Fruto en legumbre dehiscente con formas variadas. Comprende unos 50-60 géneros y alrededor de 2200 especies distribuidas por los trópicos y zonas templadas del planeta. Son de suelos secos, ácidos o neutros (Jonson, 1977).

### 3-3-b). *Acacia baileyana* F. Muell

Son árboles grandes, en su ambiente natural llegan a crecer hasta 10m de altura, pero en cultivo alcanzan dimensiones menores (Figura 1). Las ramificaciones son frecuentemente colgantes y flexibles, las hojas dispuestas en espiral sobre las ramificaciones en las que surgen, son bipinadas y cada pina posee aproximadamente 20 pares de folíolos glaucos, a veces de color celeste plateado y adoptan un aspecto de conjunto bastante plumoso, las hojas son persistentes, las flores de numerosos estambres, tienen un pedúnculo de aproximadamente 1 cm, reunidos en grandes racimos cada uno con 15 o más flores, sus flores son amarillas y perfumadas, su fruto es una legumbre con los márgenes inervados (Simmons, 1987).

#### Clasificación taxonómica:

Reino: Plantae  
División: Antofita  
Clase: Angiospermae  
Orden: Fabales  
Familia: Fabaceae (Leguminosae)  
Sub-Familia: Mimosoideae  
Género: *Acacia*  
Especie: *baileyana*  
(Simmons, 1987)



Figura 1: *Acacia baileyana* F. Muell

### 3-3-c). *Acacia saligna*, Wendl

Árbol bajo o matorral alto con ramas de inclinación bastante angular (Figura 2); filodios lanceolados a lanceolado-lineal u oblanceolado uniforme, agudo a obtuso, angosto en la base, con o sin glándula en la base, de 1.3 – 0.65cm o aún de 4.5cm de ancho, de 7.8-20cm o las hojas más bajas de 30cm de longitud. Un nervio longitudinal con frecuencia excéntrico; cabezas globosas, de 1.3cm de diámetro, en largos racimos terminales o reducidos a 4-5 cabezas axilares ensartadas a lo largo de 60-90cm, en la primavera; pedúnculos de 1.3-0.6cm de longitud; vainas de 7.8-11cm de longitud y de 0.6cm 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: *Acacia*  
Especie: *saligna*

(Bold, *et al.*, 1989)



Figura 2: *Acacia saligna*, Wendl

### 3-3-d). *Acacia neriifolia*, Cunn

Árbol pequeño con ramificaciones anguladas delgadas (Figura 3), filodios oblanceolados, agudos o apiculados, de 3.9-11.6cm de longitud y de 0.6 – 0.65cm 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 7-14.5cm de longitud y de 2.3cm de ancho; semilla longitudinal, ovalada, con depresión central, funículo blanco, pequeño, sin rodear a la semilla pero engrosando 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: *Acacia*

Especie: *neriifolia*

(Bold, *et al.*, 1989)



Figura 3: *Acacia neriifolia*, Cunn

#### IV. JUSTIFICACIÓN.

Actualmente la vegetación del Parque Recreativo Cuitlahuac consiste en su mayoría de *Eucaliptus camaldulensis*, *Eucaliptus globulus* y *Casuarinas spp.*, que no son muy recomendables para este sitio ya que los *Eucaliptus spp* son plantas alelopáticas que impiden el establecimiento de otras especies vegetales, tienen raíces superficiales con poco anclaje que además levantan fácilmente el sustrato, además sus ramas o bien el tronco puede romperse, lo cual representan un riesgo para la población que asiste al parque.

Gran parte de la población vegetal ha disminuido debido a la deficiencia de nutrimentos, toxicidad de contaminantes presentes en el sustrato, de tal forma que la mayoría de los individuos presentan troncos muy delgados además de raíces y hojas están dañadas debido al continuo ataque de biogás que se genera haciéndolas más susceptibles a las plagas y enfermedades (García y Murguía, 2000).

Es importante señalar que debido a que en el sustrato del Parque Recreativo Cuitlahuac existe escasez de agua, además es pobre en nitrógeno y la presencia de metales pesados es alta, el establecimiento en el sitio de otras especies vegetales se ve limitado (Galván, *et al.*, 1995a).

El género *Acacia*, considerando que al haber escasez de nitrógeno disponible en el sitio, ésta tiene la capacidad de fijarlo de la atmósfera soportando también las condiciones de alta salinidad y temperaturas extremas del sustrato (Cozzo, 1976); además sus raíces permiten un buen anclaje, así como una buena resistencia al 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 la heterogeneidad de los componentes del sustrato, esperando que se mantenga una vegetación lo más estable y uniforme posible que evite la pérdida del sustrato y que permita la proliferación de micro ambientes que favorezcan la formación del estrato rasante y herbáceo (López y Pérez, 2003).

Es de suma importancia incrementar las áreas verdes en la Ciudad de México en donde de acuerdo con Salas (1990) la vegetación sólo cubre el 5% del área de la zona metropolitana de la ciudad y particularmente para la delegación Iztapalapa existen 1.74 m<sup>2</sup> por habitante (UNAM, 2005), de tal manera se deben aprovechar las praderas artificiales generadas al clausurarse un sitio de disposición final estableciendo una cubierta vegetal.

Los Parques Urbanos desempeñan un papel importante en la regulación del clima y la disminución de la contaminación del aire (Barradas y J-Seres, 1988). Al ser el Parque Recreativo Cuitlahuac considerado por las autoridades locales como tal y por la necesidad de aprovechar este sitio de disposición final post-clausura estableciendo la vegetación, al haberse realizado trabajos previos del lugar, es necesario dar continuidad a los mismo, lo cual aportara la información necesaria para establecer los criterios que permitan la recuperación de la cubierta vegetal arbórea y arbustiva ayudando en la recuperación, conservación y mantenimiento del sitio.

## V. HIPÓTESIS.

Dado que las condiciones del sustrato del Parque Cuitlahuac son extremas, se dificulta el establecimiento de muchas especies vegetales. Si se emplean individuos del género *Acacia* (*Acacia saligna*, *Acacia neriifolia* y *Acacia baileyana*, entre otras), las cuales son fijadoras de nitrógeno y altamente resistentes a temperaturas y salinidad extrema (Serra, 1997) se podrá establecer la cubierta vegetal del Parque Recreativo Cuitlahuac. Para tal fin las especies de *Acacia* presentan un potencial de establecimiento elevado y se utilizarán para crear la cubierta vegetal arbórea y arbustiva en el Parque Cuitlahuac.

## VI. OBJETIVO GENERAL:

- ❖ Establecer la cubierta vegetal arbórea, en el sitio de disposición final post-clausura, (Parque Recreativo Cuitlahuac), introduciendo especies resistentes a las condiciones del sustrato (salinidad, temperatura elevada, estrés hídrico, etc.).

### 6-1. OBJETIVOS PARTICULARES:

- ❖ Llevar a cabo una reforestación dirigida en el Parque Recreativo Cuitlahuac, empleando las especies *Acacia saligna*, *Acacia nerifolia* y *Acacia baileyana* entre otras.
  - Realizar un censo del estrato arbóreo y arbustivo presentes en la parte norte del Parque Recreativo Cuitlahuac, recolectando individuos para su determinación en el herbario FEZA.
  - Caracterizar física y químicamente el sustrato (Color, pH, % M.O, Textura, Conductividad eléctrica) con vegetación y con ausencia de esta.
  - Introducir y dar seguimiento a las especies empleadas evaluando vigor de la fronda, necrosis foliar y presencia / ausencia de flor o fruto.
- ❖ Realizar la caracterización y propagación del germoplasma de las especies *Acacia saligna* y *A. nerifolia* presentes en el Parque Recreativo Cuitlahuac (tamaño, peso, % pureza, % viabilidad y % de germinación).

## VII. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

### 7-1. Localización geográfica.

El ex-tiradero de Santa Cruz Meyehualco, actualmente llamado Parque Recreativo Cuitlahuac se localiza en la Ciudad de México, en el perímetro de la Delegación Iztapalapa al Sureste de la zona Metropolitana del Distrito Federal (Figura 4), entre los paralelos  $19^{\circ}22'00''$  latitud Norte y los meridianos  $99^{\circ}02'00''$  longitud Oeste. Colinda al Norte con terreno de Propiedad Federal, al Sur con la Unidad Habitacional Santa Cruz Meyehualco, al Oriente con la Avenida Guelatao de la colonia Santa María Aztahuacán y al Poniente con la calle Carlos L. Grácidas de la Unidad Habitacional Vicente Guerrero. Se encuentra a una altitud de 2240 msnm y su extensión actual es de 148 hectáreas (INEGI, 1999).

### 7-1-1 Zona de estudio.

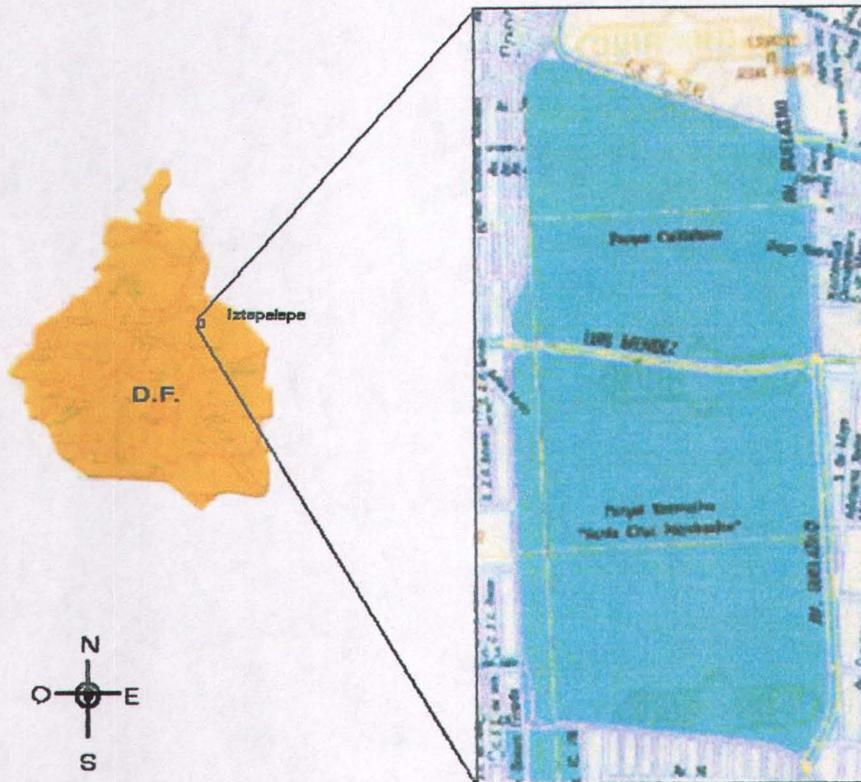


Figura 4 Zona de estudio

## **7.2 Topografía e hidrología.**

El área presenta topoformas de llanuras lacustres con suelos del Cuaternario, mientras que la hidrología es una fuente importante de abastecimiento de agua debido a que por esta pasa una corriente subterránea proveniente del sistema de Santa Catarina y en la parte superior del sitio predominan los depósitos lacustres (INEGI, 1999).

## **7.3 Edafología y geología.**

Según la clasificación FAO/UNESCO, el tipo de suelo natural predominante es Regosol Eútrico, con suelo secundario de tipo Feozems. Son suelos con altas concentraciones de sales y alto contenido de arcilla, presenta rocas ígneas extrusivas pertenecientes al periodo Terciario de la Era Cenozoica (citado en Galván, 1995b).

## **7-4 Condiciones climáticas.**

El clima predominante es templado sub húmedo, con lluvia en verano, donde la temperatura media anual varía entre los 12°C y 18°C. el período de lluvia se inicia con escasas precipitaciones durante el mes de Abril, incrementándose en los meses de Mayo, Junio y Julio siendo los meses más lluviosos Agosto, Septiembre y Octubre, disminuyendo la precipitación durante el resto del año. La precipitación media anual es de 403.8mm en los meses más secos y de 864.8mm en los meses más lluviosos (INEGI, 1998).

## **7-5 Período de vida útil del tiradero de Santa Cruz Meyehualco.**

El ex tiradero de Santa Cruz Meyehualco recibía alrededor de 6 400 toneladas de desechos sólidos al día, los cuales eran separados dentro del sitio por cerca de 800 familias de pepenadores. Tuvo un período de vida útil de casi 35 años, tiempo durante el cual ocupó una extensión mayor de 148 hectáreas en la que fueron depositadas aproximadamente 44 712 500 toneladas de basura.

## **7-6 Clausura del tiradero de Santa Cruz Meyehualco.**

El 15 de noviembre de 1982, inicia la clausura definitiva de este tiradero y concluye en junio de 1986. Utilizándose 769 600 m<sup>3</sup> de material para cobertura proveniente de excavaciones y zonas de construcción. Al finalizar la clausura se propuso establecer una extensa zona verde con fines recreativos, convirtiéndose en lo que hoy conocemos como Parque Recreativo Cuitlahuac.

Este se conforma de dos secciones: la parte Norte comprende numerosos módulos de convivencia familiar, locales para concesiones, oficinas administrativas, almacenes para la jardinería, zonas para acondicionamiento físico, sanitarios y estacionamiento. La parte Sur es una zona deportiva que cuenta con canchas acondicionadas para practicar diferentes actividades, sanitarios y estacionamiento. Sin tener en cuenta el

tipo de sustrato con el que se contaba, en este se realizó la plantación sin planificación alguna, de una gran variedad de especies incluyendo exóticas de las cuales para el estrato arbóreo lograron sobrevivir en su mayoría *Eucaliptos spp*, *Casuarinas spp* y *Populus spp*, además de diferentes tipos de gramíneas que constituyen el estrato rasante (García y Murguía, 2000).

La unidad ambiental que actualmente se ha designado para el parque, es la séptima de acuerdo al Manual Técnico para el Establecimiento y manejo integral De Las Áreas Verdes Urbanas Del Distrito Federal (2000) y de la cual resaltan las siguientes características: Pendiente de 0 a 4 por ciento , precipitación 550 a 625mm, suelo fluvisol/gleysol, densidad media de estructura urbana y zona de alta contaminación.



Figura 5 Parque Recreativo Cuiclahuac

## VIII. MÉTODOS Y MATERIAL.

El desarrollo del siguiente estudio se llevó a cabo en las siguientes fases:

### 8-1 Fase de gabinete:

Esta fase consistió en la revisión y selección de la información bibliográfica, para fundamentar la investigación de manera adecuada estableciendo las bases para realizar las actividades de laboratorio y de campo.

### 8-2. Fase de campo:

- Dentro de esta fase se realizó un recorrido por el Parque Cuitlahuac a fin de ubicar el área donde la vegetación presentaba mas daño. Esto en función de la densidad (número de individuos por unidad de área (Odum, 1972), considerando la densidad relativa (densidad de una especie/ densidad de todas las especies X 100 (Cox, 1980).
- Se delimitó el área del sitio donde se llevo a cabo la investigación.
- Se realizo el censo del estrato arbóreo y arbustivo, en el cual, se contabilizaron los individuos, de las cuatro zonas del área Norte del parque, empleando una marca con tinta indeleble, no tóxica, a la altura del pecho en cada individuo, registrando individuos vivos y muertos por especie. Se empleo previamente elaborado para cotejo de las distintas especies presentes en el parque. Los datos se analizaron aplicando la densidad como parámetro de medición de las especie por cada zona. Se recolectaron tres ejemplares de las especies arbóreas, se herborizaron y llevaron al herbario FEZA para su determinación.
- Se tomaron ocho submuestras de sustrato para cada una de las 16 áreas, recolectando en las áreas del sustrato con manchones de vegetación y en los claros sin presencia de ésta, obteniéndolas de los primeros 30cm de profundidad de forma puntual (Valencia y Hernández, 2002).
- Se llevó a cabo la introducción de especies arbóreas y arbustivas, principalmente con especies de *Acacia*, además otras especies *Populus alba*, *Casuarina equisetifolia*, *Fraxinus spp*, *Schinus molle* entre otras), en las cuales se evaluó su resistencia alas condiciones del sustrato del sitio. Los individuos introducidos miden en promedio entre 0.5 y 2 metros de altura, la distancia entre individuos fue de dos metros; de acuerdo con la técnica de reforestación de Jordan, (1987), alternando organismos de diferentes especies aplicando la técnica del tresbolillo (seguir el plantado en forma de zig-zag).
- Dentro de la evaluación de las especies introducidas se llevó a cabo un análisis fenológico, en donde se observaran algunos atributos como, vigor de peciolo, para este parámetro se consideraron tres criterios: bueno, regular y malo, es bueno cuando al tacto el peciolo se siente con una textura suave pero resistente, regular si tiene cierta aspereza y es menos resistente; malo cuando se rompe al doblarlo. Para la Flor, se evaluó la presencia y ausencia (verde, madura senescente), en el caso del Fruto, se tomaron las mismas consideraciones: presencia o ausencia (verde, maduro senescente), necrosis del peciolo (nula, parcial o total); lo anterior de acuerdo con López y Pérez (2003).

### 8-3. Fase de laboratorio:

- Dentro de esta fase se llevó a cabo el análisis físico y químico por separado del sustrato con presencia de vegetación y con ausencia de ésta.
- Se realizó una muestra compuesta para cada una de las 16 áreas, aplicando la técnica del cuarteo, NOM-021 RECNAT-2000
- Color del sustrato en seco y en húmedo; tablas Munsell (1992); (Duchaufour, 1978; Palmer, 1979).
- Conductividad Eléctrica: se realizó por pasta de saturación (Richards, 1980; Chapman, 1979), empleando el conductímetro Oakton con 10 series modelo No. WD-35607-00. serie. No.32571.
- Textura: se realizó utilizando la técnica de Bouyoucos (Gaucher, 1971)
- Reacción pH del sustrato: se determinó empleando el potenciómetro pH 10 digital utilizando cápsulas buffer (Netrepol) pH.7 y 4 certificadas  $\pm 0.02$  a 25 °C (Jackson, 1982).
- Materia Orgánica: se determinó por vía húmeda (Palmer, 1979).
- Para el análisis de comparación entre el sustrato con vegetación y sin vegetación se empleo el método estadístico no paramétrico de Wilcoxon para dos muestras relacionadas (Cervantes *et al.*, 2004).
- Se realizó un análisis de calidad de las semillas de *Acacia*, en el cual se determinaron análisis de % de pureza, % de humedad, peso de 1000 semillas, % de viabilidad, % de germinación y trasplante de las plántulas a bolsas de viverización.
- Para realizar la caracterización del germoplasma se aplicaron diferentes ensayos, dentro de los cuales se hicieron, la Pureza, tamaño de la semilla, color, No. de semillas por vaina y número de semillas por kilogramo (Moreno, 1984).
- Pureza: se separó la basura y semillas en mal estado en un peso total de 100 gramos de semillas
- Tamaño del germoplasma: empleando un vernier se midieron 100 semillas, tomando largo y ancho de cada semilla y se saco el promedio de las mediciones.
- Peso de semillas: se realizaron ocho repeticiones de 100 semillas, separando las impurezas empleando lupa y espátulas, calculando algunos parámetros estadísticos; varianza, desviación típica y coeficiente de variación; el cual no debe exceder de 4.0 para este tipo de semillas (Moreno, 1984), se tomó el promedio de las repeticiones para obtener el peso.
- Viabilidad, se empleó la prueba bioquímica del cloruro de tetrazolio al 0.01% (Hartman, 1999; Duffus y Slaughter, 1985; Moreno, 1984). Esta prueba consistió en medir la viabilidad por el porcentaje de semillas teñidas en rojo. Se probó la escarificación con ácido sulfúrico a diferentes tiempos, además de la escarificación con agua caliente, el tostado de la semilla y la escarificación mecánica; usando una aguja de disección y lijas para madera para tal fin.
- Germinación, se emplearon tratamientos pre-germinativos (Pereti, 1994) remojo en ácido sulfúrico concentrado por diferentes tiempo, escarificación mecánica con remojo previo de 24 horas, empleando cajas petri, agujas de disección, lijas para madera.
- Viverización: en esta etapa se transplantaron las plántulas hasta el surgimiento de las primeras hojas, utilizaron bolsas para vivero y macetas de plástico, se construyó un mini invernadero con madera y plástico, para protección a cambios de temperatura y retención de humedad; evaluando mortalidad y crecimiento.

## IX. RESULTADOS y ANÁLISIS.

Para llevar a cabo la introducción de especies arbóreas en el Parque Recreativo Cuitlahuac, fue necesario efectuar un diagnóstico para conocer las características y condiciones del lugar, para ello se requirió realizar un censo de la cubierta vegetal arbórea y arbustiva (no existe registro alguno, sobre la diversidad vegetal del parque), además se llevó a cabo un análisis físico y químico del sustrato. De tal manera, con esta información y con un análisis bibliográfico exhaustivo se seleccionaron las especies, que se intentó establecer en el sitio.

### 9-1. Censo del estrato arbóreo y arbustivo.

#### 9-1-a) Composición florística:

El censo realizado en el Parque recreativo Cuitlahuac, señala que la cubierta vegetal arbórea esta compuesta por 10 géneros y 14 especies, con un total de 3723 individuos distribuidos en 48 hectáreas, cuya densidad es de 78 individuos por hectárea, por otra parte se censaron las cuatro áreas de la parte norte; cada una subdividida en otras cuatro (área A = A-1, A-2, A-3, A-4; B = B-1, B-2, B-3, B-4; C = C-1, C-2, C-3, C-4 y área D = D-1, D-2, D-3, D-4) incluyendo el camellón (cuadro 1).

Tal como se observa en el cuadro 1 y figura 6, en el área D se presentó la mayor riqueza de especies con 11, es también donde hay menor densidad relativa (16.81%), mientras que el lugar con mayor densidad relativa es el área C con 35.83% y su diversidad vegetal esta representada por cinco especies, seguida de la A con 25.14% y ocho especies; en el área B la densidad relativa es del 20.03% y una diversidad de 8 especies, así mismo se observa que hay una distribución poco uniforme, encontrándose algunas áreas (A, D y Cam.) muy desprovistas de vegetación.

Cuadro 1: Composición florística del Parque Cuitlahuac

Área	No de especies	No de géneros	Individuos vivos	Individuos muertos	Densidad relativa (%)
Área A	8	6	936	406	25.14
Área B	8	6	743	304	20.03
Área C	5	5	1334	747	35.83
Área D	11	7	626	286	16.81
Cam.	6	5	84	23	2.25
Total	14	10	3723	1796	100

Cam. = camellón

Nota: Se consideraron individuos muertos aquellos que presentan el tronco seco, partido o talado, sin fronda o fronda seca, sin presencia de retoños en tronco o base del mismo. De los cuales se contabilizaron 1,796 individuos del género *Eucalyptus* spp y 18 individuos de *Casuarina* spp.

En la figura 6 se observa que en el área D se presenta una mayor riqueza de especies con 11; distribuidos en toda su extensión, mientras que en el área C existe una menor riqueza con solo 5 especies. En las áreas A, B se registraron 8 en cada una, mientras que en el área del camellón se encuentran sólo 6 especies.

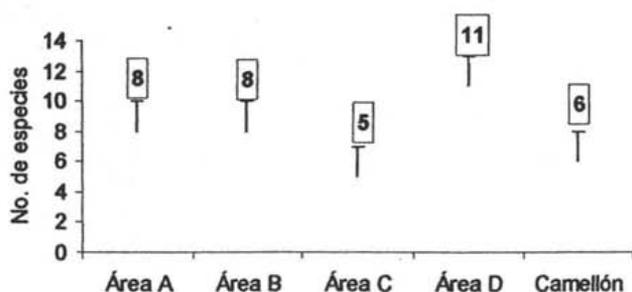


Figura 6: Riqueza de especies en el Parque Cuitlahuac

En la parte norte del Parque Recreativo Cuitlahuac se encuentran 10 géneros distintos (*Eucaliptos*, *Casuarina*, *Acacia*, *Fraxinus*, *Populus*, *Shimus*, *Nicotiana*, *Juniperus*, *Erythrina* y *Cupresus*), los cuales se encuentran distribuidos de forma muy regular, ya en el área D aparecen 7 de los 10 géneros encontrados, mientras que en las áreas A y B solo se encuentran 6 en cada una y en el área C y camellón se encuentran únicamente 5 de los 10 géneros, tal como se muestran en la figura 7.

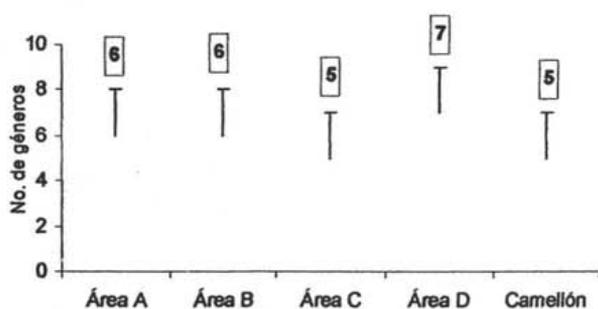


Figura 7: Diversidad de géneros en el Parque Cuitlahuac

En el censo realizado se contabilizaron un total de 3 723 individuos vivos los cuales se distribuyen de forma poco uniforme, ya que el área con mayor densidad relativa es la zona 3 (Figura 8), donde se registraron 1 334 individuos, que representan el 25.14 % de la vegetación total del Parque. En el área del camellón se registraron pocos individuos y por ende la más baja densidad de 2.25% con tan solo 84 individuos.

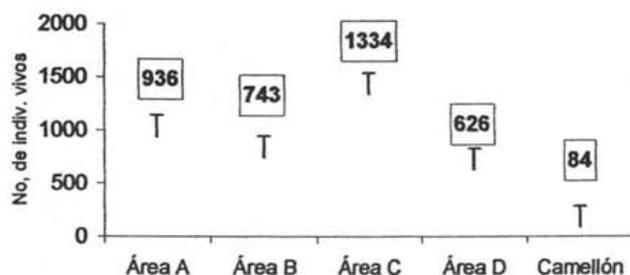


Figura 8: Individuos vivos presentes en el Parque Cuitlahuac

En las distintas áreas del Parque Cuitlahuac como se observa en la figura 9, se contabilizaron una gran cantidad de individuos muertos, en gran parte del género *Eucaliptus* (ver cuadro 7), Ocasionada principalmente por el ataque de la plaga del eucalipto (*Glycaspis Brimblecombei*), provocando un exterminio masivo de estos organismos. Del total de individuos muertos, la zona con mayor mortalidad fue la zona 3 con un total de 747, seguido del área A con un total de 406 individuos muertos, 304 en el área B, en el área D 286 y en el área del camellón solo se contaron 23 individuos muertos.

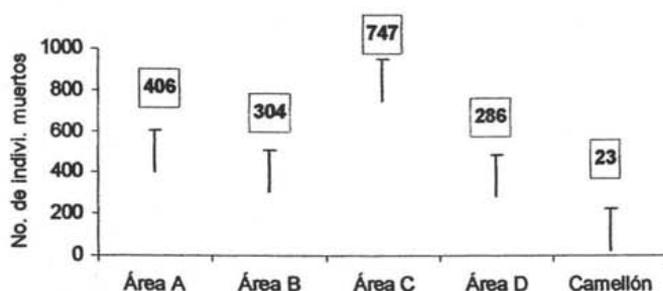


Figura 9: Individuos muertos encontrados en el Parque Cuitlahuac

### 9-1-b). Distribución de especies en el área A.

En el área A se registraron un total de 936 individuos, encontrándose una mayor cantidad de individuos en el área A-1, la que equivale al 46.5% de la vegetación arbórea, seguido por el área A-2 con el 34.8%, en A-4 solo se encuentra el 10.25%, mientras que en el área A-3 solo se distribuye el 8.4% de la vegetación arbórea total del área A. Las especies representativas del área son:



Figura 10: Área A del Parque Recreativo Cuitlahuac

*Eucaliptus camaldulensis* (dens rel= 56.27 %), *Eucaliptus globulus* (dens rel=32.23%) y *Casuarina equisetifolia* (dens rel =10.53%), lo cual indica que no existe la uniformidad en la distribución de la cubierta arbórea ni arbustiva.

Cuadro 2: Especies presentes en el área A

Especie	Área A				total	Densidad relativa (%)
	A.1	A.2	A.3	A.4		
<i>Acacia</i> spp			1		1	0.10
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	59	1	10	25	99	10.53
<i>Nicotiana tabacum</i>	.1		1		2	0.21
<i>Fraxinus</i> spp	1				1	0.10
<i>Schinus molle</i> L.	5				5	0.53
<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.	150	142	5	6	303	32.2
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	219	183	62	65	529	56.27
Total	435	326	79	96	936	100

### 9-1-c) Distribución de especies en el área B.



Figura 11: Área B del parque Recreativo Cuitlahuac

En el cuadro 3 se puede observar que del total de individuos registrados en el área B del Parque Cuitlahuac (743 individuos), tan solo en el área B-1 se distribuye el 80.8 % del total de la cubierta vegetal arbórea y arbustiva, mientras que en las áreas B-2, B-3 y B-4, tan solo se encuentra el 19.2% restante (10.09%, 7.8% y 0.67% respectivamente). Las especies representativas del área B son: *Eucaliptus camaldulensis* (dens rel= 44.6%), *Eucaliptus globulus*

(dens rel=40.26%) y *Casuarina equisetifolia* (dens rel= 9.86%).

Cuadro 3: Especies presentes en el área B

Especie	Área B				total	Densidad relativa (%)
	B.1	B.2	B.3	B.4		
<i>Acacia spp</i>	14	2		1	20	2.66
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	51	13	2		74	9.86
<i>Schinus molle</i> L.	14				14	1.86
<i>Schinus spp</i>		1			1	0.13
<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.	261	31	9	1	302	40.26
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	257	28	47	3	335	44.66
<i>Juniperus monticola</i> Mart.	1				1	0.13
Total	601	75	58	5	743	100

## 9-1-d) Distribución de especies en el área C.



Figura 12: Área C del Parque Recreativo Cuitlahuac.

En el cuadro 4 observa la distribución de la cubierta vegetal arbórea y arbustiva del área C, en la cual se muestra que la mayor distribución de organismos se registra en el área C-4 con el 34.6% de los individuos, seguida por el área C-2 con el 27.21%, mientras que en las áreas C-1 y C-2 se encuentran distribuidos el 23.6% y 16.19% respectivamente. Las especies representativas del área son;

*Eucaliptos camaldulensis* (dens rel= 51.64% y *Eucaliptos globulus* (dens rel= 45%).

Cuadro 4: Especies presentes en el área C

Especie	Área C				total	Densidad relativa (%)
	C.1	C.2	C.3	C.4		
<i>Populus alba</i> L.	4				4	0.30
<i>e/Casuarina equisetifolia</i> L.	15	7	5	9	38	2.84
<i>Erythrina spp</i>	1				1	0.07
<i>Nicotiana tabacum</i>			1		1	0.07
<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.	127	212	48	215	602	45.05
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	166	134	162	228	690	51.64
Total	315	353	216	452	1334	100

### 9-1-c) Distribución de especies en el área D.

En el área D se registraron 626 individuos, de los cuales el 73% se encuentra distribuido en el área D-1, el 27% restante se distribuye entre las áreas D-2, D-3 y D-4, con 7.82%, 8.3 % y 9.9% respectivamente. Las especies con mayor representatividad en el área son; y *Eucaliptus camaldulensis* con una densidad relativa de 59.37%, *Casuarina equisetifolia* con 13.48% y *Eucaliptus globulus* del 11.01%.



Figura 13: Área D del Parque Recreativo Cuitlahuac.

Cuadro 5: Especies presentes en el área D

Especie	Área D				total	Densidad relativa (%)
	D.1	D.2	D.3	D.4		
<i>Acacia spp</i>	32	4	8	6	54	8.37
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	51	12	5	8	87	13.48
<i>Nicotiana tabacum</i>	5				5	0.77
<i>Fraxinus spp</i>	2				2	0.31
<i>Schinus molle</i> L.	1				1	0.15
<i>Nerium oleander</i> L.		13			13	2.01
<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.	38	10	5	24	77	11.93
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	328	11	15	29	383	59.37
<i>Cupressus spp</i>			19		23	3.56
Total	457	49	52	62	626	100

### 9-1-f). Especies presentes en el camellón del Parque Recreativo Cuitlahuac.

En el cuadro 6, se observa que para el camellón se registraron, 75 individuos; de los cuales *Eucalipt globulus* tiene una densidad relativa del 41.3%, seguido por *Eucaliptos camaldulensis* con una densidad relativa del 37.03%, encontrando también *Casuarina equisetifolia* con 17.3%. Se registró una densidad relativa de tan solo 2.6% de *Acacia spp*.

Cuadro 6: Especies presentes en el camellón del Parque

Especie	Camellón	total	Densidad relativa (%)
<i>Acacia spp</i>	2	2	2.66
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	13	13	17.33
<i>Shinus spp</i>	1	1	1.33
<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.	31	31	41.33
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	28	28	37.33
Total	78	75	100

### 9-1-g). Individuos muertos.

En el cuadro 7 se observa que en el Parque Cuitlahuac se contabilizaron 1,796 individuos muertos, en su mayoría de *Eucaliptus spp.*, encontrándose en el lugar 1306 individuos, en el área B 304, En el área C se hallaron 747 individuos, para el área D se registraron 285 individuos muertos, mientras que en el camellón tan solo registraron 22.

Cuadro 7: Individuos muertos en el parque

Especie	Área A	Área B	Área C	Área D	Cam.	total
<i>Eucaliptus spp.</i>	306	304	747	286	22	1796
<i>Casuarina equisetifolia</i> L	3	8	2	5	0	18

### 9-1-h). Especies representativas de la cubierta vegetal.

Tal como se observa en el cuadro 8, la especie con mas presencia en el parque es *Eucaliptus camaldulensis* presentando una densidad relativa del 48.83%, contabilizando 1990 individuos, distribuidos en toda el área del parque Cuitlahuac.

La segunda especie con más representatividad es *Eucaliptus globulus*, con una densidad relativa de 30.71%, siendo contabilizados 1294 individuos..

La *Casuarina equisetifolia* L presentó una densidad relativa de 7.77%, con 317 individuos distribuidos por todo el parque.

Las especies del genero *Acacia spp* presentes en el Parque Cuitlahuac tienen una densidad relativa de 1.84%, contabilizando 75 individuos, distribuidos en las áreas B y D principalmente.

Otras especies con poca representatividad son *Shinus spp* (pirul), *Populus alba*, *Juniperus monticola*, *Cupresus spp.* *Nicotiana tabacum*, *Erytrina spp* (colorin), *Shinus spp* (pirul de brasil) y *Nerium oleander* L (rosa laurel), con una densidad relativa en conjunto de 1.07% y con un total de 39 individuos distribuidos en todo el Parque Cuitlahuac.

Cuadro 8: Especies arbóreas presentes en el Parque Cuitlahuac

ESPECIE	Nombre común	No de individuos	Densidad relativa (%)	Distribución (áreas)
<i>Acacia spp</i>	acacias	75	1.84	B,D
<i>Populus alba</i> L	Alamo blanco	4	0.09	C
<i>Casuarina equisetifolia</i> L	"pinito"	317	7.77	A,B,C,D
<i>Erytrina spp</i>	colorin	3	0.07	C, Cam
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	tabaquillo	7	0.17	A,B,C,D
<i>Fraxinus spp.</i>	fresno	6	0.14	A,B y D
<i>Shinus molle</i> L.	pirul	21	0.51	A,B, D y Cam
<i>Shinus spp</i>	pirul	1	0.02	B
<i>Nerium oleander</i> L.	Rosa laurel	13	0.31	D
<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.	Eucalipto, alcanfor	1254	30.73	A,B,C,D
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	Eucalipto, alcanfor	1990	48.88	A,B,C,D
<i>Juniperus monticola</i> Mart.	cedro	1	0.05	B
<i>Cupresus spp.</i>	cipres	23	0.54	D
Total		3715	100	

Cam = camellón

Dentro del censo realizado en parte norte del parque Recreativo Cuitlahuac, se encontró una composición florística de 10 géneros, 14 especies, con un total de 3,723 individuos vivos, encontrando en su mayoría *Eucaliptus spp* con un 89.3%, distribuidos de forma poco uniforme, registrando la mayoría de ellos en área C. Se encontró una mayor riqueza de especies con 11 pero también se registró una escasa densidad arbórea en el área D.

Fue en el área C donde se registró el mayor número de organismos muertos (747 individuos), habiendo también una densidad relativa de la cubierta arbórea (35.83 %) mayor que en las demás áreas, también en la misma se agrupa la mayoría de los eucaliptos establecidos en el sitio; plantados aproximadamente a 1m de distancia entre cada individuo, por lo que su situación se dificulta aún más, al crecer muy altos y delgados, además de la plaga "conchuela del *Eucaliptos*" que al encontrar árboles muy susceptibles ha ocasionado la desaparición y el exterminio de la cubierta vegetal arbórea que se había mantenido en el lugar.

## 9-2. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES.

Dentro del censo realizado se colectaron y herborizaron individuos no identificados, se enviaron al herbario FEZA; se colectaron tres ejemplares por especie, con los datos solicitados por el herbario para su posterior determinación. Encontrando a los individuos colectados como organismos de las especies *Acacia baileyana*, *Salix bonplandiana*, además se colectaron individuos de las especies *A. nerifolia* y *A. saligna* y se cotejaron con individuos de la colección del herbario (Anexo 1).



Previo a la caracterización del germoplasma se realizó un cotejo de las especies *A. saligna* y *A. nerifolia* con ejemplares de la colección del herbario FEZA, además de una revisión bibliográfica.

Figura 14 Ejemplar de *Acacia* del Herbario FES-ZA

### 9-3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUSTRATO.

El sustrato de la parte norte del Parque Recreativo Cuitlahuac presenta una diversidad muy amplia en sus componentes, contiene en su mayoría, material para construcción, arenas, gravas y suelo de diversos orígenes dispuestos al azar. De tal manera se realizó el análisis físico y químico del sustrato donde se presenta la vegetación y donde no la hay

Como se mencionó en el método, se realizó una muestra compuesta por cada una de las 16 áreas. De tal manera la recolección se hizo de acuerdo como se encuentra dividida espacialmente la parte norte del parque, así como se muestra en la figura 15.

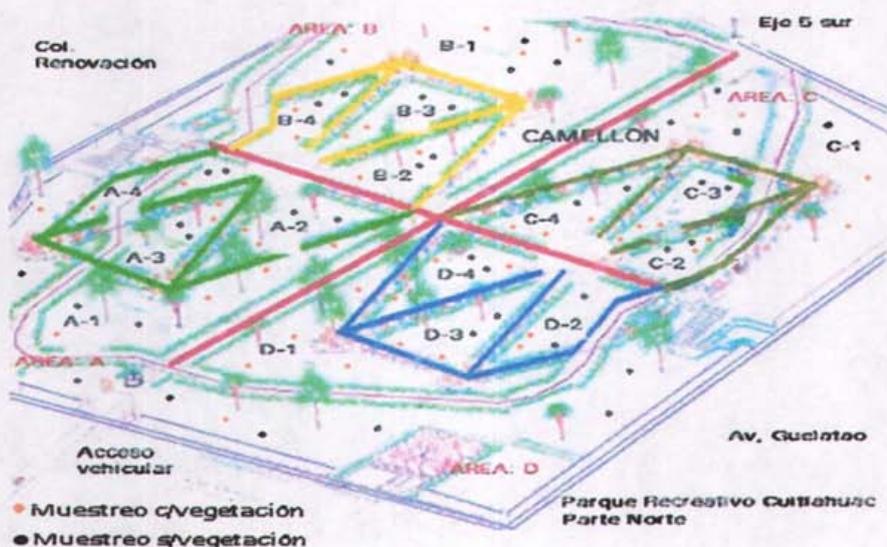


Figura 15 Croquis Parque Recreativo Cuitlahuac parte norte

- Los resultados son el promedio de dos repeticiones.
- \*\*\*\* Área B-2 es actualmente utilizada como motopista

#### 9-3-a) Color.

Este parámetro es muy importante, ya que a partir de este, se puede inferir sobre las características o composición del sustrato, así como el contenido de la materia Orgánica.

Se determinó el color del sustrato en las 16 áreas del Parque Cuitlahuac, empleando las tablas Munsell (1992). En el análisis del sustrato con presencia de vegetación se registraron diversos colores que van de grises a pardos, predominando los colores grises oscuros y grises muy oscuros, lo cual indica un sustrato en su mayor parte rico en materia orgánica.

En el análisis realizado a las muestras del sustrato sin presencia de vegetación, se registraron diversos colores, que van de grises, hasta negro, predominando colores café gris oscuro y café gris muy oscuro, lo cual indica que en la mayoría de las áreas se presenta un sustrato rico en materia orgánica (Cuadro 9).

Cuadro 9: Color del sustrato del Parque Recreativo Cuiclahuac, parte norte

ÁREA	SUSTRATO C/VEGETACIÓN	SUSTRATO S/VEGETACIÓN
	COLOR SECO/HÚMEDO	COLOR SECO/HÚMEDO
A-1	10YR 5/1 Gris 10YR 3/1 Gris oscuro	10YR 3/2 Café gris muy oscuro 10YR 2/2 Café muy oscuro.
A-2	10YR 5/3 Pardo 10YR 3/2 Café gris muy oscuro	10YR 5/1 Gris 10YR 3/2 Café gris muy oscuro
A-3	10 YR 5/3 Gris pardo 10 YR 3/2 Café gris muy oscuro	10YR 3/1 Gris oscuro 10YR 2/1 Negro
A-4	10 YR 5/2 Pardo grisáceo 10 YR 3/2 Café gris muy oscuro	10YR 3/2 Café Gris muy oscuro 10YR 3/1 Gris oscuro
B-1	10 YR 5/2 Pardo Amarillento 10 YR 3/2 Café gris muy oscuro	10 YR 4/2 Café gris oscuro 10 YR 2/1 Negro
B-2	10 YR 5/4 Gris pardo 10 YR 4/3 Pardo	****
B-3	10 YR 5/2 Gris 10 YR 3/2 Café gris muy oscuro	10 YR 3/2 Café gris muy oscuro 10 YR 2/2 Café muy oscuro
B-4	10 YR 5/1 pardo 10 YR 3/2 Café gris muy oscuro	10 YR 3/3 Café oscuro 10 YR 3/1 Café amarillento oscuro
C-1	10 YR 5/3 Gris pardo 10 YR 3/2 Café gris muy oscuro	10 YR 5/1 Pardo 10 YR 2/1 Negro
C-2	10 YR 5/2 Gris 10 YR 3/1 Gris oscuro	2.5YR 4/2 Café grisáceo oscuro 10YR 2/2 Café muy oscuro
C-3	10 YR 5/1 Gris 10 YR 3/1 Gris oscuro	10YR 3/2 Café Gris muy oscuro 10YR 2/2 Café muy oscuro
C-4	10 YR 6/1 Café olivo claro 10 YR 3/1 Gris oscuro	10 YR 4/1 Café oscuro 10 YR 2/1 Negro
D-1	10 YR 5/3 Café olivo claro 5 Y 3/2 Café gris muy oscuro	5 YR 3/2 Café rojizo oscuro 10 YR 2/1 Negro
D-2	10 YR 5/3 Café olivo claro 5 Y 3/3 Café olivo oscuro	10 YR 4/2 Café gris oscuro 10 YR 2/2 Café muy oscuro
D-3	10 YR 5/3 Café olivo claro 5 Y 3/3 Café olivo oscuro	10 YR 3/2 Café gris muy oscuro 10 YR 2/2 Café muy oscuro
D-4	2.5 Y 4/2 Café gris oscuro 5 Y 2.5/1 Negro	10 YR 3/2 Café gris muy oscuro 10 YR 2/1 Negro

\*\*\*\* Área B-2 actualmente utilizada como motopista

El color gris comúnmente está asociado con problemas de drenaje, de este modo el área C es donde el hidromorfismo ha impuesto las condiciones. Por otra parte los cambios de matiz involucran cambios abruptos en la composición de los materiales. De acuerdo con el color encontrado, el área D presentó una composición más heterogénea, es la más recientemente depositada y por consiguiente es donde el sustrato se ha visto menos influenciado por los procesos de descomposición de los residuos sólidos y en general por los procesos pedogenéticos que están ocurriendo.

#### Prueba de Wilcoxon

Se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon; para muestras relacionadas (SPSS, versión 10.0) para conocer si existe diferencia del color en el sustrato con presencia de vegetación y donde no la hay, para las 16 diferentes áreas, con motivo de la aplicación del paquete estadístico, se realizó la categorización de las variables de siguiente manera:

## Categorización de variables

Negro =1	Café gris muy oscuro = 2.1	Gris =3.1	Pardo = 4.1
	Café olivo claro = 2.2	Gris pardo = 3.2	Pardo amarillento = 4.2
	Café olivo oscuro = 2.3	Gris oscuro = 3.3	
	Café gris oscuro = 2.4		
	Café oscuro = 2.5		
	Café amarillento oscuro = 2.6		
	Café rojizo oscuro = 2.7		
	Café muy oscuro = 2.8		

Se plantearon las hipótesis con respecto al color del sustrato:

Ho: El color en los dos tipos de sustrato es igual.

Ha: El color en los dos tipos de sustrato no es igual

## Color seco

## Rangos

		N	Rango promedio	Suma de Rango
Sust s/veg	Rangos negativos	10	9.60	96.00
Sust c/veg	Rangos positivos	5	4.80	24.00
	Empates	0		
	Total	15		

a Sust s/veg < Sust c/veg

b Sust s/veg > Sust c/veg

c Sust c/veg = Sust s/veg

## Estadísticos de contraste

	sust s/veg - Sust c/veg
Z	-2.049
Sig. asintot (bilateral)	.040

a Basado en rangos positivos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

## Color húmedo

## Rangos

		N	Rango promedio	Suma de Rango
Sust c/veg	Rangos negativos	6	10.50	63.00
Sust s/veg	Rangos positivos	7	4.00	28.00
	Empates	2		
	Total	15		

a Sust s/veg < Sust c/veg

b Sust s/veg > Sust c/veg

c Sust c/veg = Sust s/veg

## Estadísticos de contraste

	Sust c/veg - Sust s/veg
Z	-1.229
Asymp. Sig. (2-tailed)	.219

a Basado en rangos positivos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Los resultados obtenidos para el color del sustrato húmedo muestran la evidencia, con una significancia mayor a 0.05 (en este caso de 0.219) para aceptar Ho. Lo cual indica que no existe diferencia de color del sustrato húmedo en los dos tipos de sustrato analizados en las 16 áreas del parque.

Con respecto al color del sustrato seco, con una significancia de 0.040 existe evidencia de rechazar Ho, apreciando que los dos tipos de sustrato no son idénticos, ya que se observa una amplia gama de colores en el sustrato seco difícilmente apreciada en el húmedo.

De acuerdo con la prueba estadística, en el color seco existe una diferencia entre los dos tipos de sustrato, lo que concuerda también con las observaciones realizadas en campo y las analizadas en laboratorio como se aprecia en el cuadro 9.

## 9-3-b) Textura.

Un suelo común se encuentra formado por una parte mineral, en donde se encuentran las arenas, limos y arcillas que se determinan mediante la textura, cuya utilidad es pronosticar la estructura y estabilidad del suelo, retención de humedad y la infiltración, así como el potencial biológico. Los resultados del análisis del sustrato con vegetación y con ausencia de ésta son los siguientes:

El sustrato con presencia de vegetación del Parque Recreativo Cuitlahuac presentó una variedad muy particular, dentro de la clasificación textural de la USDA consultada en FitzPatrick (1987). El rango de la clasificación textural se encuentra de arena (área A-1 con 5.72% de arcilla, 9.52% de limo y 84.72% de arena) hasta migajón arcillo arenoso (área D-1; 22.72% de arcilla, limo 18% y 56.78% de arena), por lo que es un sustrato bajo en arcillas y limo, rico en arena, se definen algunas zonas del sustrato poco estables y potencialmente susceptibles a la erosión, Gaucher (1971) señala que suelos con menos del 12% de arcilla tiende a la inestabilidad y por debajo de 6% están en peligro de degradarse (cuadro 10).

El sustrato con ausencia de vegetación presentó una clasificación textural de arena, registrando el área B-4 con solo 1.28% de arcilla y un por ciento de arena del 91.8%, hasta migajón arcillo arenoso con 22.4% de arcilla y 57.8% de arena.

Cuadro 10: Textura del sustrato del Parque Recreativo Cuitlahuac

ÁREA	SUSTRATO C/VEGETACIÓN		SUSTRATO S/VEGETACIÓN	
	Características texturales	TEXTURA	Características texturales	TEXTURA
A-1	(Arcilla=5.72, Limo=9.56, Arena=84.72)	Arena	(Arcilla=15.28, Limo=10, Arena=74.72)	Migajón arenoso
A-2	(Arcilla=13.72, Limo=15.56, Arena=70.72)	Migajón arenoso	(Arcilla=22.72, Limo=20.04, Arena=57.24)	Migajón arcillo arenoso
A-3	(Arcilla=17.36, Limo=20.92, Arena=61.72)	Migajón arenoso	(Arcilla=6.72, Limo=18, Arena=75.28)	Arena migajonosa
A-4	(Arcilla=9.72, Limo=20.12, Arena=70.16)	Arena migajonosa	(Arcilla=14.17, Limo=5.83, Arena=80)	Arena migajonosa
B-1	(Arcilla=7.72, Limo=18.4, Arena=73.88)	Arena migajonosa	(Arcilla=15.28, Limo=18, Arena=66.72)	Migajón arenoso
B-2	(Arcilla=10.72, Limo=25.5, Arena=63.78)	Migajón arenoso	****	****
B-3	(Arcilla=5.0, Limo=18.84, Arena=76.16)	Migajón arenoso	(Arcilla=2, Limo=10, Arena=88)	Arena
B-4	(Arcilla=11.8, Limo=20.66, Arena=73.44)	Arena migajonosa	(Arcilla=1.28, Limo=6.92, Arena=91.8)	Arena
C-1	(Arcilla=11.08, Limo=18.56, Arena=73.44)	Migajón arenoso	(Arcilla=10, Limo=22, Arena=68)	Migajón arenoso
C-2	(Arcilla=13.08, Limo=31.2, Arena=55.72)	Migajón arenoso	(Arcilla=17.26, Limo=29.46, Arena=53.28)	Migajón arenoso
C-3	(Arcilla=8.08, Limo=30.2, Arena=61.72)	Migajón arenoso	(Arcilla=4.56, Limo=9.44, Arena=86)	Arena
C-4	(Arcilla=8.08, Limo=31.2, Arena=60.72)	Migajón arenoso	(Arcilla=4, Limo=20, Arena=76)	Arena migajonosa
D-1	(Arcilla=22.72, Limo=18, Arena=56.78)	Migajón arcillo arenoso	(Arcilla=4.72, Limo=15.28, Arena=80)	Arena migajonosa
D-2	(Arcilla=17.72, Limo=37, Arena=42.78)	Migajón	(Arcilla=15.28, Limo=18.72, Arena=80)	Migajón arenoso
D-3	(Arcilla=16.72, Limo=21, Arena=61.28)	Migajón arenoso	(Arcilla=9.28, Limo=10.36, Arena=80.46)	Arena migajonosa
D-4	(Arcilla=14.72, Limo=34, Arena=51.28)	Migajón	(Arcilla=4, Limo=6, Arena=90)	Arcia

\*\*\*\* Área B-2 actualmente utilizada como motopista

De acuerdo con los contenidos de arcilla presentes en el sustrato del ex-tiradero, la materia orgánica como residuos frescos y parcialmente descompuesta, juegan un papel importante en la liberación y retención de nutrimentos, así como mejorador de las propiedades físicas, retención de humedad y estructura del sustrato, sin embargo dificulta el drenaje, la conductividad térmica, el intercambio gaseoso. Estas últimas tres propiedades se imponen y limitan el establecimiento y desarrollo de la cubierta vegetal.

#### Prueba de Wilcoxon

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para comprobar la posible diferencia entre el sustrato con presencia de vegetación y sin presencia de esta, relacionado al parámetro de la textura de las 16 distintas áreas muestreadas. Se realizó la categorización de las clases texturales para su aplicación en el paquete estadístico SPSS versión 10.0 de la siguiente manera:

Clase textural

Arena = 1

Arena migajonosa = 2

Migajón arenoso = 3

Migajón = 4

migajón arcillo-arenoso

Se plantearon las hipótesis con respecto a la textura:

Ho: La textura en los dos tipos de sustrato es igual.

Ha: La textura en los dos tipos de sustrato no es igual.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de Rangos
Sust s/veg - Sust c/veg	Rangos negativos	9	6.33	57.00
	Rangos positivos	3	7.00	21.00
	Ties	3		
	Total	15		

a Sust s/veg < Sust c/veg

b Sust s/veg > Sust c/veg

c Sust c/veg = Sust s/veg

Estadísticos de contraste

	Sust s/veg- Sust c/veg
Z	-1.431
Sig. asintot (bilateral)	.152

a Basado en rangos positivos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

De acuerdo con los resultados en la prueba de Wilcoxon existe la evidencia para aceptar Ho, encontrando una significancia de 0.152. De tal manera la textura no es un parámetro en el cual se presente una diferencia entre el sustrato con presencia de vegetación y con ausencia de esta. De acuerdo con la prueba estadística aplicada, no hay diferencia entre los distintos análisis del sustrato.

### 9-3-c) Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica es un parámetro importante para medir el contenido de sales y determinar si el sustrato es o no salino.

De acuerdo con los resultados de conductividad eléctrica (cuadro 11), realizados con el conductímetro Oacton con serie No 32571. El sustrato donde se desarrolla la vegetación presenta valores de conductividad desde 0.0114 dS/m<sup>3</sup> en el área C-1, hasta 3.3736 dS/m<sup>3</sup> en D-1, lo que de acuerdo con FitzPatrick (1987) este último sitio se clasificaría como suelo ligeramente salino ya que es menor a 4 dS/m<sup>3</sup>.

El sustrato con ausencia de vegetación presentó un intervalo de conductividad eléctrica de 0.6231 dS/m<sup>3</sup> en C-4 hasta 2.7206 dS/m<sup>3</sup> en D-2, lo que de acuerdo con FitzPatrick (1987) se clasifica como un suelo ligeramente alcalino.

El sustrato al presentar una cantidad elevada de sales solubles daña el crecimiento vegetal debido al aumento de la presión osmótica de la solución del suelo y restricción de la absorción del agua (Ramírez y Salazar, 1998).

En la profundidad de 30 cm del sustrato no existe factor alguno en cuanto a salinidad, que afecte la germinación, establecimiento y desarrollo de la mayoría de las especies vegetales.

Cuadro 11: Conductividad eléctrica del sustrato del Parque Recreativo Cuitlahuac

ÁREA	SUSTRATO C/VEGETACIÓN	SUSTRATO S/VEGETACIÓN
	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (dS/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (dS/m <sup>3</sup> )
A-1	0.8	0.9
A-2	1.7	2.2
A-3	1.6	0.8
A-4	1.9	1.1
B-1	1.6	1.1
B-2	0.7	****
B-3	1.8	1.3
B-4	2.3	1.4
C-1	0.01	0.6
C-2	1.0	0.6
C-3	0.6	0.6
C-4	0.4	0.6
D-1	0.5	1.0
D-2	3.3	2.7
D-3	1.0	0.8
D-4	1.0	0.9

\*\*\*\* Área B-2 actualmente utilizada como motopista

### Prueba de Wilcoxon

Se aplicó la prueba de Wilcoxon, para conocer la posible diferencia entre el sustrato con presencia de vegetación y sin presencia de esta, empleando los valores de conductividad eléctrica registrados en las 16 distintas zonas muestreadas (Ver Cuadro 11).

Se plantearon las hipótesis con respecto a la conductividad

Ho: La conductividad en el sustrato con vegetación y sin esta es igual.

Ha: La conductividad en el sustrato con vegetación y sin esta es diferente

Rangos

		N	Rangos promedio	Suma de Rangos
Sust c/ veg - Sust s/ veg	Rangos negativos	10	8.60	86.00
	Rangos positivos	5	6.80	34.00
	Empates	0		
	Total	15		

a Sust c/ veg < Sust s/ veg

b Sust c/ veg > Sust s/ veg

c Sust s/ veg = Sust c/veg

Estadísticos de contraste

	Sust c/ veg - Sust s/ veg
Z	-1.477
Sig. asintot (bilateral)	.140

a Basado en rangos positivos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

De acuerdo con los resultados de la prueba de Wilcoxon, se obtuvo la evidencia, con una significancia de 0.140 para aceptar Ho. De tal manera, se observa que en el parámetro de conductividad eléctrica para el sustrato con presencia de vegetación y el sustrato sin presencia de esta, no existe diferencia, es decir no se le puede atribuir, de acuerdo a los resultados dados en el análisis estadístico no paramétrico, una influencia sobre la presencia de vegetación

#### 9-3-d) Reacción pH del sustrato.

El pH es un parámetro importante, ya que influye en la tasa de liberación de nutrientes por meteorización, en la solubilidad de todos los materiales del sustrato, la proporción en que estos son absorbidos por las plantas y en la cantidad de iones nutritivos almacenados en el sitio de intercambio catiónico, por lo que a través de él se puede predecir cuales son los nutrientes que se encuentran de forma deficiente (Thompson, 1982).

Como se observa en el cuadro 12, la solución pH del sustrato con presencia de vegetación se encuentra en el intervalo de 6.83 en el área B-1 hasta la 8.02 en área C-2, lo que de acuerdo al Instituto Nacional de Suelos Agrícolas (1970), se clasifica de neutro a ligeramente alcalino.

El pH del sustrato con ausencia de vegetación se registró dentro de un intervalo de 7.32 en área D-2 a 7.62 en la C-1, por lo que según la clasificación del al Instituto Nacional de Suelos Agrícolas (1970), se clasifica como ligeramente alcalino.

La reacción pH del sustrato en los primeros 30 cm no afectan el establecimiento y desarrollo de las plantas, del mismo modo no se ve afectada la actividad microbiana en cuanto a su papel funcional de descomposición de los residuos orgánicos y por ende liberación de nutrimentos. Es importante señalar que la mayoría de los nutrimentos se encuentran disponibles en el intervalo de pH de 6.5 a 7.5.

Cuadro 12: Solución pH del sustrato del Parque Cuitlahuac

ÁREA	SUSTRATO C/VEGETACIÓN	SUSTRATO S/VEGETACIÓN
	pH	pH
A-1	7.5	7.4
A-2	7.1	7.3
A-3	7.6	7.3
A-4	7.6	7.4
B-1	7.8	7.3
B-2	6.8	****
B-3	7.8	7.4
B-4	7.8	7.2
C-1	7.7	7.6
C-2	8.0	7.5
C-3	7.7	7.5
C-4	7.8	7.5
D-1	7.2	7.4
D-2	7.2	7.3
D-3	7.4	7.3
D-4	7.3	7.5

\*\*\*\* Área B-2 actualmente utilizada como motopista

#### Prueba de Wilcoxon

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para comprobar estadísticamente, si existe diferencia entre el sustrato; con presencia de vegetación y donde no la hay, con respecto a los valores de pH del cuadro anterior.

Se plantearon las hipótesis con respecto a la solución pH:

Ho: El pH en los dos tipos de sustrato es igual.

Ha: El pH en los dos tipos de sustrato no son iguales

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de Rangos
Sust s/veg - Sust c/veg	Rangos negativos	11	8.73	96.00
	Rangos positivos	4	6.00	24.00
	Empates	0		
	Total	15		

a Sust s/veg < Sust c/veg

b Sust s/veg > Sust c/veg

c Sust c/veg = Sust s/veg

#### Estadísticos de contraste

	Sust s/veg - Sust c/veg
Z	-2.045
Sig. asintot (bilateral)	.041

a Basado en rangos positivos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

De acuerdo con los resultados otorgados por la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon, con una significancia de 0.041 existe la evidencia para rechazar  $H_0$ . De tal manera se observó que estadísticamente si existe diferencia entre los dos tipos de sustrato analizados.

Sin embargo, aún entre cada área (cuadro 12) también existe una diferencia en las mediciones, causada por la alta heterogeneidad de los diversos orígenes del sustrato, difícilmente el pH es, de forma individual, el parámetro condicionante para el establecimiento de las especies vegetales

### 9-3-e) Materia orgánica.

La materia orgánica del sustrato es muy importante, ya que interviene en la agregación, capacidad de retención del agua y capacidad de infiltración. Es el centro de acción de todas las actividades biológicas, además es fundamental en los aspectos químicos del suelo y está íntimamente relacionada con su fertilidad (Palmer, 1979).

Por otra parte Fassbender (1987), señala que el porcentaje de materia orgánica en los primeros centímetros va decreciendo a medida que aumenta la profundidad, que se traduce como la disminución del contenido de C orgánico

De acuerdo con Fassbender (1987) el porcentaje de materia orgánica del sustrato con presencia de vegetación se registra dentro del intervalo de 2.61% en el área B-4 a 10.30% en la D-4, por lo que se clasifica como un sustrato de bajo contenido de MO, hasta un sustrato con contenidos altos de materia orgánica (Cuadro 13).

El porcentaje de materia orgánica del sustrato sin presencia de vegetación se encuentra dentro del intervalo de 1.20% en el área B-4 a 8.76% en la C-4, lo que ubica al sustrato dentro la clasificación de muy bajos hasta altos contenidos de materia orgánica.

Cuadro 13: Materia orgánica del sustrato del Parque Cuitlahuac

ÁREA	SUSTRATO C/VEGETACIÓN	SUSTRATO S/VEGETACIÓN
	Materia orgánica (%)	Materia orgánica (%)
A-1	6.23	6.52
A-2	5.50	5.77
A-3	5.36	6.92
A-4	6.56	6.52
B-1	4.04	7.06
B-2	3.02	****
B-3	6.49	6.37
B-4	5.61	1.20
C-1	2.91	6.30
C-2	4.24	3.90
C-3	5.55	8.55
C-4	5.00	8.76
D-1	4.32	7.56
D-2	6.77	1.81
D-3	7.73	4.23
D-4	10.30	8.21

\*\*\*\* Área B-2 actualmente utilizada como motopista

### Prueba de Wilcoxon

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para comprobar estadísticamente, si existe diferencia o no entre el sustrato; con presencia de vegetación y sin presencia de esta, con respecto a los valores de MO del cuadro 14.

Se plantearon las hipótesis con respecto a la materia orgánica

Ho: El contenido de MO es igual en los dos tipos de sustrato

Ha: El contenido de MO no es igual en los dos tipos de sustrato

#### Rangos

		N	Rango promedio	Suma de Rangos
Sust s/veg - Sust c/ veg	Rangos negativos	5	6.00	30.00
	Rangos positivos	10	9.00	90.00
	Empate	0		
	Total	15		

a Sust s/veg < Sust c/ veg

b Sust s/veg > Sust c/ veg

c Sust c/vveg = Sust s/veg

#### Estadísticos de contraste

	Sust s/veg- Sust c/ veg
Z	-1.706
Sig. asintot (bilateral)	.088

a Basado en rangos positivos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Wilcoxon, con una significancia de 0.088 se tiene evidencia para aceptar Ho, de tal manera con respecto al análisis estadístico se comprueba que el contenido de materia orgánica es igual en los dos tipos de sustrato, por lo que no se le puede atribuir ser el parámetro condicionante para el establecimiento de la vegetación.

La prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon (SPSS, Versión 10.0), realizada a los datos obtenidos del sustrato con presencia de vegetación y con ausencia de ésta, muestra que los parámetro en los que existe diferencia es el color en seco y la reacción pH, lo que podrían en un momento dado ser los parámetros condicionantes para el establecimiento de la vegetación. No obstante, se observa en campo que aún en cada una de las distintas áreas existe una gran heterogeneidad y no necesariamente tiene que influir negativamente en el establecimiento de la vegetación.

### 9-3-f) Consideraciones generales del análisis del sustrato.

El funcionamiento del sustrato para el establecimiento de la vegetación, no solo depende de un parámetro por separado (p. e. solución pH), sino de todos en su conjunto (Textura, MO, pH, Color, CIC, Conductividad, etc). En este sitio existen características muy particulares en cuanto al comportamiento de los parámetros del sustrato, ya que no se observa un comportamiento similar en suelos naturales; presentando un sustrato rico en materia orgánica comportamiento que según Fassbender (1987), conlleva a un suelo ácido, en contraste, se registran mediciones de pH de 7.0 a 8.0, con respecto a la conductividad, se interpretan como un sustrato ligeramente salino.

A pesar de las particularidades del sustrato, los parámetros analizados no reflejan la posibilidad de influir directamente en la ausencia de la vegetación, ya que de acuerdo con Whorten y Aldrich (1980) el pH óptimo para la descomposición de la materia orgánica es de 7.5; característica que se encuentra en el sustrato. No obstante un factor muy importante que existe en el sitio y que influye de manera directa sobre el sustrato es la deficiencia de agua, lo cual no permite que exista la movilidad adecuada para la interacción entre componentes.

Un factor que es importante mencionar, es que después de casi 20 años de clausurado el tiradero, aún persiste la emanación de biogás producto de la columna de basura, lo cual influye en el establecimiento de la vegetación al ocupar este un espacio en los microporos desplazando al oxígeno y limitando este último, las reacciones de oxidación que debiera realizar en los componentes del sustrato.

Las características antes mencionadas son las que han ocasionado que la mayoría de las especies que se han introducido mueran o que algunas se encuentren muy susceptibles a enfermedades y al ataque de plagas; tal es el caso de las especies de Eucaliptos, las cuales desde un inicio no son recomendables para el sitio, ya que son árboles altos (15m aproximadamente) de raíces superficiales con poco anclaje, en un sustrato de máximo 60cm de profundidad de pueda establecer, requieren abundante agua; algo que es muy escaso en el sitio. La plaga llamada conchuela del eucaliptos (*Glycaspis brimblecombei*) desde el 2002 que se detectó en el DF., ha dañado a los eucaliptos del parque, ya que se registró una mortalidad masiva de estos organismos (SMA, 2004).

## 9-4. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES.

### 9-4-a) Primera introducción.

Se realizó la primera introducción de organismos de distintas especies (figura 16), basándose para su elección en la descripción botánica de cada una de ellas, seleccionando las que presentaron condiciones naturales de establecimiento parecidas o similares a las presentes en el sustrato del Parque Cuitlahuac.



Figura 16: Introducción de especies en el Parque Cuitlahuac

Todos los individuos se introdujeron en las áreas A y D, las cuales son las que presentaron una menor densidad de vegetación. Los individuos se plantaron a una distancia entre 1.5m y 2m de separación entre cada organismo, acomodados en forma lineal y al tresbolillo (zig-zag) alternando en su mayoría las diferentes especies.

Tal como se observa en el cuadro 14, las especies con mas individuos introducidos son la *Acacia baileyana*, *Ligustrum spp*, *Agave spp* y *Opuntia* (con 155, 133, 288 y 121 respectivamente) acomodados en lugares estratégicos para enriquecer y mejorar la arquitectura del paisaje (área D-1).

Cuadro14: Especies introducidas en el parque en julio de 2003

Especie	Nombre común	No. de Individuos	Distribución (Áreas)	Precio Unitario (MN)
<i>Acacia baileyana</i>	acacia plumosa	155	A-3,A-2,A-1,D-1	9
<i>Acacia spp</i>	acacias	65	D-1, D-2	9
<i>Sena dimobotrea</i>	sena	4	D-1	8
<i>Laurus mobilis</i>	laurel	2	D-1	5
<i>Fraxinus spp</i>	fresno	89	A-1, A-4, D-1, D-2	5
<i>Ligustrum spp</i>	trueno	133	A-1,A-2,A-3,A-4	5
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	69	D-4,D-1, Cam.	8.5
<i>Agave spp</i>	maguey	288	A-1,A-4,D-1, Cam	----
<i>Opuntia spp</i>	nopal	121	A-1, D-1, Cam.	----
<i>Salix bonplandiana</i>	----	5	Cam.	11
<i>Picus benjamiana</i>	ficus	1	D-2	9
Desconocido 2	----	23	D-1	----
Desconocido 3	----	9	D-1	----

Cam. = camellón

\* A y D = áreas del parque (ver figura 18)

\* El costo de los individuos antes mencionados es tal como se cotizan en viveros de la Dirección General de Reforestación DF., en contenedor de 20X25 cm.

- Las especies no conocidas presentan pocos elementos para su identificación, la mayoría de ellos carece de flor, fruto y se observan pocas hojas.
- La introducción de especies se realizó en acuerdo con las autoridades del Parque Cuitlahuac
- Los individuos de *Opuntia spp* y *Agave spp* son organismos de talla adulta.
- En su mayoría los individuos se introdujeron de la talla de 50cm hasta 2m.

#### 9-4-b) Segunda introducción.



Figura 17: *Acacia nerifolia* (propagada)

Se llevó a cabo una segunda introducción en el área D-1, en una superficie de 300m<sup>2</sup>, empleando diversas especies entre ellas *Acacia*, propagadas por semilla y otras acacias adquiridas en viveros (Figura 17).

En el cuadro 15 se observan las especies que fueron introducidas al sitio mediante el proyecto en coadyubancia de: Introducción de especies vegetales en el parque Cuitlahuac (sitio de disposición final post-clausura, no controlado). La plantación se llevó a cabo entre los meses de septiembre y octubre de 2004

Cuadro 15: Especies introducidas en octubre de 2004

Especie	Nombre común	No de individuos	Área	Costo Unitario (MN)
<i>Acacia melanoxylon</i>	acacia de madera negra	3	D-1	9
<i>Acacia retinoides</i>	acacia	17	D-1	9
<i>Acacia nerifolia</i>	acacia	18	D-1	Propagadas
<i>Cupressus lindleyi</i>	cipres	5	D-1	10
<i>Tamarix gallica</i>	tamarix	3	D-1	9
<i>Fraxinus americana</i>	fresno	19	D-1	9
<i>Eucaliptus spp</i>	eucalipto	2	D-1	10
<i>Casuarina spp</i>	"pino"	3	D-1	10
<i>Laurus mobilis</i>	laurel	1	D-1	8
<i>Phoenix dactilifera</i>	Palma datilera	2	D-1	9

## 9-5. SEGUIMIENTO DE LAS ESPECIES INTRODUCIDAS.

Las especies introducidas se suman a los organismos registrados en el censo del parte norte, previamente realizado. Además se realizó un seguimiento de los organismos introducidos en los meses siguientes realizando una caracterización fenológica en donde se observa la presencia o ausencia de flor, fruto y semilla, vigor del peciolo y presencia de necrosis foliar, tal como se observa en el cuadro 16.

Cuadro 16: Seguimiento de las especies introducidas en el Parque

Especie	Individuos vivos	Individuos muertos	Vigor de peciolo	flor	fruto	Necrosis foliar	Observaciones
<i>Acacia baileyana</i>	152	3	1 y 2	x	x	0	Excelente estado
<i>Acacia spp</i>	30	35	2	x	x	10%	Buen estado
<i>Sena didimobotrya</i>	3	1	1	x	x	0	Buen estado
<i>Laurus mobilis</i>	2	0	1	x	x	0	Buen estado
<i>Fraxinus spp</i>	59	30	2	x	x	30%	Presencia renuevos
<i>Ligustrum spp</i>	60	73	2 y 3	x	x	60%	Mal estado
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	66	3	1 y 2	x	x	10%	Excelente estado
<i>Agave spp</i>	288	0	2	x	x	0	Excelente estado
<i>Nopal opuntia</i>	121	0	2	x	x	0	Excelente estado
<i>Salix bonplandiana</i>	0	5	0	x	x	0	Todos murieron
<i>Picus benjamiana</i>	1	0	1	x	x	0	Buen estado
Desconocido 2	0	23	0	x	x	0	Todos murieron
Desconocido 3	5	0	1	x	x	20%	Buen estado

Nota: A mediados de febrero de 2004 se suscito un incendio en el área D-1 de lado de Av. Guelatao acabando en su mayoría con los individuos de *Acacia spp*, *sena*, laurel y fresno introducidos en el área. Se observaron algunos renuevos de las especies de *Acacia spp* y fresno lo que sobresalta la capacidad de regeneración de esas especies.

Claves del cuadro anterior.

O = presencia de flor / fruto

X = ausencia de flor / fruto

1 = buen vigor de peciolo

2 = medio vigor de peciolo

3 = mal vigor de peciolo

En la evaluación fenológica realizada a las especies de la primera introducción, se observa el buen establecimiento que presentan las especies *Acacia baileyana* de la cual solo tres individuos perecieron y la otra especie con excelente establecimiento es *Jacaranda mimosifolia* de la cual también solo perecieron 3 individuos, hubo otras con excelente establecimiento, las cuales fueron los *Agaves spp* y *Opuntia spp*. Otras especie que presentan buen establecimiento son las *Acacia spp.*, que aunque perecieron 35 individuos (la mayoría incendiadas) se observó la presencia de renuevos, así también se observó en el fresno. La especie con poca resistencia, son las del género *Ligustrum spp*, del cual se registraron 73 individuos muertos y 60 vivos, en los cuales se observó un mal estado, ya que se observó una necrosis promedio del 60% y mal vigor del peciolo.

Dentro de la segunda introducción la observación de acuerdo al seguimiento realizado fue la siguiente:

En *Acacia melanoxylon* en tres meses desde su introducción se ha observado que es sensible a la escasez de agua, por lo que requiere de un riego constante. Uno de los tres individuos no resistió las condiciones del sitio en el primer mes del trasplante.

Para las demás especies se observó buena resistencia al trasplante, señalando los decesos de las especies de *Fraxinus americana*, manifestando resistencia a las condiciones del sitio, ya que de los 14 individuos que no resistieron las condiciones, uno era tamarix otro casuarina y el resto eran fresnos; de tal manera esta última especie no es adecuada para su posible establecimiento en la zona.

Con respecto a los individuos de *Acacia nerifolia* propagadas en el laboratorio (Méndez *et al.*, 2005), se ha observado en un periodo de tres meses desde su introducción, que la totalidad de los individuos han persistido resistiendo las condiciones del sitio, en particular la escasez de agua.

#### 9-6. CARACTERIZACIÓN DEL GERMOPLASMA DE *Acacia spp.*

Se realizó la caracterización física y química de las semillas de *Acacia saligna* y *Acacia nerifolia* presentes en el Parque Recreativo Cuitlahuac, se realizó un análisis de calidad de las semillas, en el cual se determinaron análisis de % de pureza, % de humedad, peso de 1000 semillas, % de viabilidad, % de germinación y trasplante de las plántulas a bolsas de viverización.

Posteriormente procedió la recolección de semillas, realizándose esta en árboles del Parque Recreativo Cuitlahuac, en los cuales se presentaba el periodo de fructificación, el cual se presenta durante todo el año. De ese modo se recolectaron varios lotes de semilla, necesarios para la realización de los análisis físicos y químicos.

Las vainas de *Acacia saligna* miden entre 2.7 y 7.5cm, encontrando de 1 hasta 13 semillas por vaina. En el caso de *Acacia nerifolia* se encontraron vainas desde 3.7 a 7.4cm con semillas desde 2 hasta 16 por vaina.

##### 9-6-a) Determinación del % de Pureza.

La determinación del por ciento de pureza en semillas es uno de los parámetros importantes en el análisis de calidad no solo en el aspecto comercial, sino también en la investigación, este análisis consiste en la separación de semillas en mal estado (semillas rotas, inmaduras, infestadas por hongos, etc.), además de la basura presente en el lote de semillas previamente recolectado para cada especie.

- Para *Acacia saligna* se pesaron 87.3g de semilla pura, separando 12.7 g de materia inerte (pureza = 87.3%).
- Para *Acacia nerifolia* se pesaron 92.8 g de semilla pura, separando 7.2 g de materia inerte (pureza = 92.8%).

Los siguientes análisis se realizaron utilizando semillas puras.

#### 9-6-b) Determinación del peso de 1 000 semillas.

Para la determinación del peso de las semillas, se debe tener presente que el objetivo del análisis es el poder conocer el número total de semillas en un determinado peso de las mismas, por lo que para realizar la prueba se realizaron ocho repeticiones de 100 semillas cada una para cada especie y se tomó el promedio de estas, para así conocer el peso de mil semillas (promedio x 10).

Se calcularon los parámetros estadísticos:

$$\text{Varianza} = \frac{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

En donde: X = peso en gramos de cada repetición

n = número de repeticiones

$\sum$  = suma de

Desviación típica = raíz cuadrada de  $S^2$

Coefficiente de variación =  $S/X \times 100$

$\bar{X}$  = media del peso de cien semillas.

#### Peso de semillas de *Acacia saligna*

Varianza = 0.00022857

Desviación típica = 0.01511858

Coefficiente de variación = 0.81943517

Promedio = 1.845

#### Peso de 1 000 semillas.

Para *Acacia saligna* el peso de 1000 semillas resultó de 18.45 g por lo que en un kilogramo de semillas se encuentran aproximadamente 54 318 semillas

#### Peso de semillas de *Acacia neruifolia*.

Varianza = 0.00012679

Desviación típica = 0.01125992

Coefficiente de variación = 0.79786829

Promedio = 1.4112

#### Peso de 1000 semillas.

Para *Acacia neruifolia* el peso de 1000 semillas es de 14.112g por lo que en un kilogramo de semillas se encuentran aproximadamente 70 862 semillas.

De acuerdo con los anteriores resultados se puede observar que existe una mayor variación en el peso de las semillas de *A. saligna* ( $S^2 = 0.00022857$ ), por lo que se puede inferir que existe una variedad más amplia en cuanto al peso de las semillas, la variación en el peso de las semillas es más uniforme, registrando una varianza = 0.00012679.

De acuerdo con Moreno (1984) el coeficiente de variación no debe exceder de 4.0 para este tipo de semillas, por lo que el cálculo es aceptado al obtener un CV de 0.81943517 y 0.79786829 para *A. saligna* y *A. neriifolia*, respectivamente.

Según Serra (1997) en un kilogramo de semillas de *Acacia saligna* puede variar el número de estas, de 14 000 a 80 000, en los resultados obtenidos se calcularon 54 318 semillas, mientras que para *A. neriifolia* se calcularon 70 862 semillas; encontrándose en una mayor cantidad debido a sus características de forma y peso, las cuales son de menor tamaño (5-8mm) y peso que las semillas de *A. saligna*.

#### 9-6-c) Tamaño del germoplasma.

Se determinó la medición de 100 semillas tomadas al azar del lote de semilla pura, empleando un vernier para ello, registrando la longitud y el ancho de las semillas de las especies *A. saligna* y *A. neriifolia*

Para el germoplasma de *Acacia saligna* se encontró una longitud dentro de un rango de 0.51 a 0.63mm con un promedio de 0.5770mm una desviación estándar de 3.576 y una moda 0.6mm (33%), la medición del ancho arrojó, un promedio 0.2818mm una desviación estándar de 2.523, dentro de un rango de 0.23 a 0.32mm, con una moda de 0.28mm (26%).

La longitud del germoplasma de *Acacia neriifolia* se encontró dentro de un rango de 0.39 a 0.60mm, encontrando una moda de 0.50mm (38%), un promedio de 0.4834mm, con una desviación estándar de 5.047. El ancho de la semilla se registró dentro de un rango de 0.22 a 0.35mm, con un promedio de 0.264mm, una desviación estándar de 3.31 y una moda de 0.27mm (35%).

De tal manera se observó una longitud y un ancho ligeramente mayor en las semillas de *Acacia neriifolia*.

#### 9-6-d) Determinación del % de humedad..

La humedad juega un papel de suma importancia en el manejo de las semillas, ya que participa directamente en su deterioro y descomposición, favorece el desarrollo de insectos y hongos, así como por su efecto en los procesos fisiológicos.

Para la realización de este análisis se utilizó el método descrito por Moreno (1984) de secado de semillas en estufa en base húmeda, el cual consiste en eliminar el agua mediante el calor aplicado a la muestra. El % de humedad se calcula por diferencia entre el peso original (húmedo) y peso de las semillas después del secado.

De tal manera:

$$\% \text{ de humedad (base húmeda)} = A / Ph \times 100$$

En donde A = pérdida de agua en gramos; la diferencia entre peso húmedo y seco.

Ph = peso húmedo de la muestra

- % de humedad de *A. saligna* = 13.122%
- % de humedad de *A. neriifolia* = 9.529%

De acuerdo con Moreno (1984) la mayoría de los insectos y hongos que proliferan en las semillas se desarrollan a una humedad relativa superior al 40%, por lo que ambas especies pueden almacenarse a temperatura ambiente, en lugar seco por mucho tiempo, sin esperar descomposición de las semillas.

#### 9-6-e) Determinación del % de viabilidad.

Para determinar el porcentaje de viabilidad se utilizó la prueba del tetrazolio (Hartman y Kester, 1990), la cual consiste en la reacción bioquímica de ciertas enzimas de las células vivas con la sal del tetrazolio, formando un compuesto rojo llamado formazan. De tal manera que la coloración roja intensa indica la presencia de células vivas en el embrión y la no coloración o coloración rosa pálido indica la muerte o poca viabilidad del embrión (Moreno, 1984).

Se realizaron varias pruebas de viabilidad con semillas no puras, colocando lotes de 15 semillas para cada tratamiento, utilizando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado para escarificación, realizando pruebas a diferentes tiempos 10, 20, 30 y 40 minutos de las especies *A. saligna* y *A. neriifolia*, método con el cual López y Pérez, (2003), reportan los mejores resultados a los 30 minutos con 90% y 98% para *A. saligna* y *A. neriifolia* respectivamente (cuadro 17).

Cuadro 17: Viabilidad de *A. saligna* y *A. neriifolia* con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Especie	Tiempo	No semillas teñidas	Viabilidad (%)
<i>A. saligna</i>	10	0	0
	20	1	6.6
	30	3	20
	40	0	0
<i>A. neriifolia</i>	10	1	6.6
	20	4	26.6
	30	2	13.3
	40	1	6.6

Se eliminaron las cubiertas para observar la tinción y de acuerdo con los resultados, se observó la mejor respuesta a los 30 minutos en *A. saligna* con el 20% y a los 20 minutos para *A. neriifolia* con un 26.6% de viabilidad, los resultados fueron poco satisfactorios, por lo que se procedió a realizar otras pruebas con otras técnicas de escarificación.

Se utilizaron 25 semillas no puras en cada tratamiento

Se emplearon tres métodos de escarificación mecánica diferentes de los cuales los mejores resultados se obtuvieron con la técnica de remojo de 24 horas y daño a la testa; el cual se produjo de forma individual utilizando una aguja para ello. Se obtuvo un porcentaje de viabilidad de 80% y 72% para *A. saligna* y *A. neriifolia* respectivamente.

Se realizó una determinación de viabilidad de las dos especies empleando lotes de 50 semillas puras, las cuales fueron remojadas y despojadas de la testa, previo a la reacción con el tetrazolio.

- Para *A. saligna* se registró una viabilidad del 100%, encontrando el total de las semillas teñidas de color rojo intenso.
- Para *A. neriifolia* se registró una viabilidad del 96%, observando 48 semillas teñidas de color rojo intenso y 2 sin presentar coloración.

De acuerdo con los resultados obtenidos (cuadro 18), se observó que el método de escarificación que más resultados positivos arrojó, es sin lugar de dudas la técnica de escarificación de remojo de las semillas durante 24 horas y eliminación de la testa, ya que en semillas puras se obtuvo hasta una viabilidad del 100% en el caso de *A. saligna* y 96% en el caso de *A. neriifolia*.

Cuadro 18: Viabilidad con previa escarificación mecánica

tratamiento	Quemado de semillas	Agua a 100°C con remojo de 24 horas	Remojo de 24 horas con daño a la testa
Especie			
<i>A. saligna</i>	0%	24%	80%
<i>A. neriifolia</i>	0%	16%	72%

#### 9-6-f) Determinación del % de germinación.

Se realizaron pruebas de germinación de las especies *A. saligna* y *A. neriifolia* presentes en el Parque Recreativo. Cuitlahuac, teniendo la finalidad de obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales, para lo cual se empleo la germinación en papel, se coloca algodón en recipientes de plástico, cubriéndolo con papel filtro y colocando las semillas sobre éste.

Se colocaron 100 semillas puras para cada ensayo, empleando varios métodos pre-germinativos, los cuales son:

- remojo de semillas durante 24 horas y lesión a la testa, empleando una aguja de disección para ello (a las semillas duras se les raspo la testa, utilizando dos lijas finas para metal).
- escarificación química con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, se sumergieron las semillas durante 4 minutos, lavando con agua destilada hasta desaparecer el ácido, se remojaron las semillas durante 30 minutos y se colocaron sobre el papel previamente remojado.

### Germinación de semillas de *A. saligna*

Se colocaron dos ensayos con 100 semillas, uno de ellos empleando semillas tratadas con  $H_2SO_4$  concentrado y las semillas del otro ensayo fueron tratadas por escarificación mecánica.

#### *A. saligna* por $H_2SO_4$ concentrado

- Se obtuvo un 72% de germinación, alcanzando el máximo número de semillas germinadas hasta el día 35. López y Pérez, (2003) reportan una germinación del 71.6% para esta especie en el Parque Recreativo Cuitlahuac en un tiempo de 37 días, por lo que no se observa diferencia significativa entre los resultados obtenidos en ambos trabajos, la única diferencia que se observa es el tiempo de escarificación en donde se reportan tiempos de 10, 20 y 30 minutos.

#### *A. saligna* por escarificación mecánica.

- Para el ensayo con tratamiento por escarificación mecánica se obtuvo una germinación del 78% en 20 días. Disminuyendo el tiempo y aumentando el porcentaje de germinación alcanzado con el método pre-germinativo de  $H_2SO_4$  concentrado.

En la figura 18, se puede observar la disminución del tiempo y aumento del porcentaje de germinación de 78% en 20 días en el ensayo por escarificación mecánica con respecto al ensayo con  $H_2SO_4$  concentrado, el cual arrojó el 72% de germinación en 35 días, no obstante en el ensayo con ácido sulfúrico la germinación se presentó de forma gradual incrementándose el número de semillas germinadas en un promedio de 3.9 semillas por día, en el tratamiento de escarificación mecánica para el tercer día se presentó casi el 40% de la germinación, germinando posteriormente de forma gradual arrojando una germinación promedio de 2 semillas por día

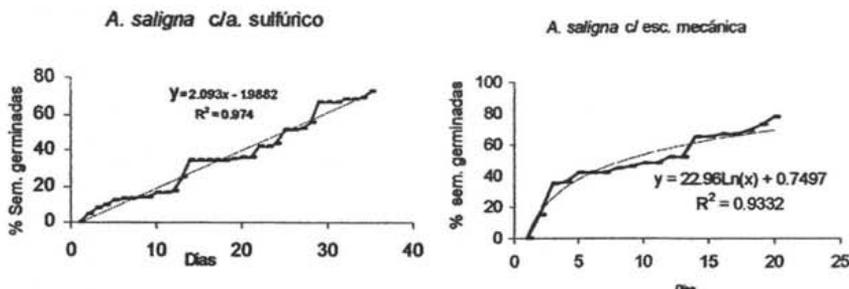


Figura 18: Germinación de *A. saligna*

#### *A. neriifolia* por H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.

- Este método arrojó un porcentaje de germinación del 68% en 31 días, disminuyó la germinación con respecto al porcentaje reportado por López y Pérez (2003) de 94.5% en 37 días.

#### *A. neriifolia* por escarificación mecánica.

- Para el ensayo con tratamiento por escarificación mecánica se obtuvo una germinación del 86% en 19 días. Disminuyendo el tiempo e incrementando el porcentaje de germinación alcanzado con el método pre-germinativo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.

La figura 19, muestra el comportamiento de las semillas en los dos distintos métodos pre-germinativos. En el ensayo de escarificación por ácido sulfúrico se observó una germinación irregular con una curva de tipo sigmoide, ya que en los primeros trece días solo germinaron 4 semillas, disparándose la germinación hasta el día 15 a un 17% siguiendo con un ritmo de germinación regular, alcanzando un 68%. Para el ensayo con escarificación mecánica se alcanzó un 86% de germinación en 19 días, disparándose en el día 3 alcanzando un 40% y siguiendo una germinación de forma regular, hasta llegar al total de las semillas germinadas.

En las curvas de germinación por el método de escarificación mecánica, se observó un comportamiento similar para las dos especies, presentando una línea de tipo sigmoide, observándose una germinación total en un tiempo menor a los veinte días, lo que indica que ambas especies requieren como factor primordial para activar la germinación a la humedad. En el método pregerminativo del ácido sulfúrico concentrado, el tiempo de germinación para ambas especies, fue mayor a 30 días, presentando un comportamiento de tipo lineal, al incrementarse el número de semillas con respecto al tiempo.

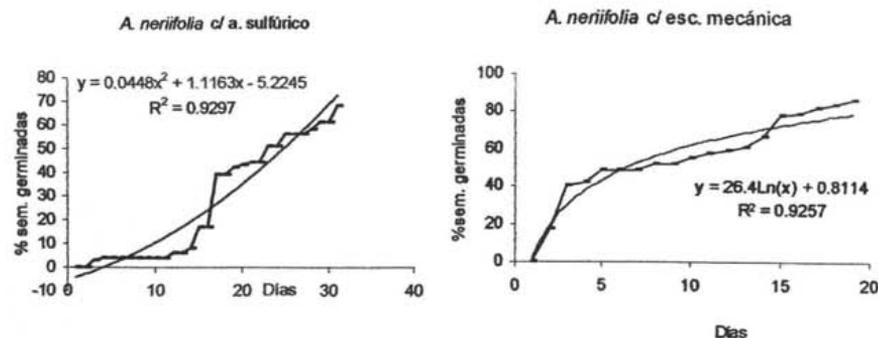


Figura 19: Germinación de *A. neriifolia*

## 9-6-g) Etapa de viverización.

Figura 20: Etapa de viverización de *Acacia*

Se transplantaron 40 plántulas, a mediados de noviembre de 2004, de cada uno de los ensayos realizados para las semillas de *A. saligna* y *A. neriifolia*, empleando sustrato del Parque Recreativo Cuiclahuac contenido en bolsas para vivero y macetas de plástico (figura 20), observando resistencia al trasplante en las plántulas de los cuatro ensayos (tratamiento con ácido sulfúrico y tratamiento por escarificación mecánica, para cada especie), se montó una cama tipo almacigo para contener las plántulas y protegerlas de cambios de temperatura.

Mortalidad de *A. saligna* en condiciones abiertas.

Se registró la mortalidad de 22.5% para *A. saligna* en el tratamiento en plántulas procedentes del tratamiento por escarificación mecánica (cuadro 19), encontrando el mayor número de pérdidas entre los días 20 y 25, registrando hasta el día 60 desde el trasplante. Para las plántulas procedentes del tratamiento por escarificación ácida, se registró una mortalidad de 17.5% igualmente presentando el mayor número de decesos entre los días 20 y 25. Cabe mencionar que a partir del día 20 el número de muertes se disparó encontrando como causa la infestación por cochinillas (*Porcellio scaber*), se detuvo esta plaga limpiando el lugar y protegiendo el lugar con plástico en la parte inferior.

Cuadro 19: Mortalidad de plántulas de *A. saligna*

Escarificación	No. de plántulas	Plántulas vivas	Plántulas muertas	Mortalidad (%)
Mecánica	40	31	9	22.5
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc.	40	33	7	17.5

Mortalidad de *A. neriifolia* en condiciones abiertas

Para las plántulas de *Acacia neriifolia* se registró una mortalidad del 35% para plántulas procedentes de escarificación mecánica y 20% para las plántulas obtenidas de la escarificación ácida (cuadro 20).

Cuadro 20: Mortalidad de plántulas de *A. neriifolia*

Escarificación	No. de plántulas	Plántulas vivas	Plántulas muertas	Mortalidad (%)
Mecánica	40	26	14	35
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc.	40	32	8	20

El tratamiento en que se registró un mayor número de pérdidas fue el de escarificación mecánica durante los ya mencionados días posteriores al día 20, sin embargo, las muertes de la mayor parte de las plántulas se dio por que el lugar en que se encontraban dispuestas carecía de las condiciones necesarias de protección. De tal manera que a causa de las condiciones de viverización, no se pudo obtener una comparación confiable de los diferentes métodos utilizados para la propagación de las especies *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia*

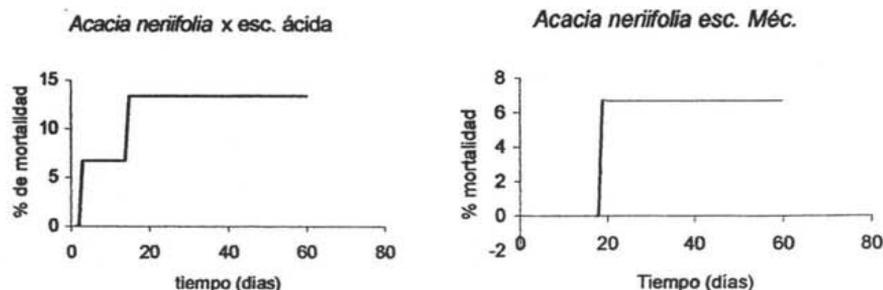
Las condiciones en que se dispusieron las plántulas no fueron las indicadas, ya que la mayor parte del de las muertes, principalmente se debió a la invasión de cochinillas de humedad (*Porcellio scaber*), los cuales se alimentaba de las plántulas cortándolas desde la base.

#### Viverización de *A. saligna* y *A. neriifolia* en condiciones controladas.

Después de realizar la viverización en condiciones no apropiadas y al tener poca confiabilidad de los resultados, se procedió a construir un lugar tipo micro invernadero, con material de plástico y madera, el cual proporcionó a las plántulas protección a los cambios bruscos de temperatura, escasa pérdida de humedad y protección contra plagas y animales. En el interior se registró una temperatura promedio de 23 °C en un rango de 19 °C por las mañanas, 26 °C al medio día y 21 °C por la noche. Para evitar aparición de plagas se esparció la base del micro invernadero con carbonato de calcio comercial y cloruro de sodio.

#### Mortalidad de *Acacia neriifolia* en condiciones controladas

Para las plántulas de *Acacia neriifolia* procedentes de la escarificación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se registró una mortalidad del 13.33%. Para las plántulas procedentes de la escarificación mecánica también se registró un 13.33% cambiando únicamente en los días de desaparición. Las muertes ocurrieron en los primeros 20 días, tal como se muestra en la figura 21.

Figura 21: Mortalidad de *A. neriifolia*

### Mortalidad de *Acacia saligna* en condiciones controladas.

En la figura 22, se observa que para las plántulas de *Acacia saligna* se registró una mortalidad de 13.33% para las plántulas procedentes de ambos tratamientos, encontrándose las muertes antes del día 20

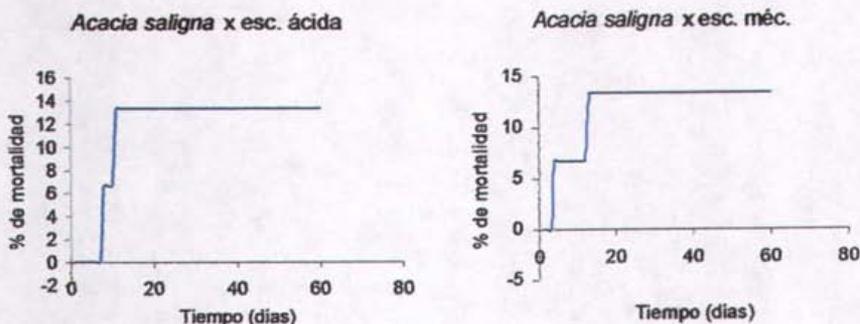


Figura 22: Gráficas de mortalidad de *A. saligna*

En las plántulas de los ensayos de escarificación con ácido, se observó un crecimiento y un mejor vigor en la radícula que en el tratamiento por escarificación mecánica, esto se debe a que al eliminar la testa de las semillas, en el tratamiento por escarificación mecánica, se acelera el proceso de germinación y no permite un desarrollo completo de las células de la raíz. Aunque las plántulas del tratamiento por escarificación mecánica, germinaron en su totalidad casi en la mitad del tiempo y pese a que en ambos tratamientos se observó resistencia al transplante, se debe mencionar el desarrollo más vigoroso de las plántulas procedentes de la escarificación ácida (figura 23).

Las plántulas de *Acacia saligna* crecieron a un ritmo lento de 77cm por semana, en un promedio de 7.2cm en 55 días. En las plántulas procedentes de escarificación mecánica y

0.72cm por semana, en un promedio de 8.85cm en 55 días, lo cual no muestra una diferencia entre las plántulas de ambos tratamientos. Para *Acacia nerifolia* se registró un crecimiento de 0.64cm por semana en el tratamiento pre-germinativo de escarificación mecánica y 0.77cm por semana para las plántulas procedentes de la escarificación ácida.



Figura 23: Modificación del peciolo de *Acacia*

## X. CONCLUSIONES.

- Los componentes del sustrato analizados no reflejan una predisposición condicionante para el desarrollo de la vegetación, incluso el área D presenta altos contenidos de materia orgánica con un pH óptimo para su descomposición, contenidos de arcilla buenos para la aireación y retención de humedad. En el área C es donde se encontró bajo contenido de materia orgánica y es también donde se registró una mayor heterogeneidad de colores y contenido de arcilla. No obstante, el déficit hídrico no permite que exista la movilidad adecuada y la interacción de los de los componentes, por lo que los nutrientes no están disponibles para las plantas.
- En el sustrato existen barreras físicas que limitan la absorción de nutrientes, derivadas del material de origen (pedregosidad, envases de plástico, metales, vidrio, etc.) que obstaculizan el libre crecimiento de las raíces.
- La prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon, proporcionó las bases para diferenciar el color en seco y la solución del pH de los dos análisis del sustrato, no obstante estas variables no son las condicionantes para el establecimiento de la vegetación, ya que este depende de todas las variables en su conjunto.
- Una reforestación dirigida requiere de la caracterización física y química del sustrato de la zona de estudio, así como llevar un registro y tener el conocimiento de la composición florística presente en la zona de estudio.
- La especie *Acacia saligna*, *A. neriifolia*, *A. baileyana*, *A. melanoxylon* y *A. retinoides* presentaron buena resistencia al trasplante y una mayor capacidad de establecimiento en el sitio, de tal manera la hipótesis es aceptada, e incrementar la densidad de estas ayudaría al establecimiento de la cubierta vegetal arbórea.
- Incrementar la diversidad de especies resistentes con *Acacia saligna*, *Acacia neriifolia*, *Senna didymobotrya*, *Laurus mobilis*, *Fraxinus spp* y *Acacia baileyana* en el sitio, favorece la recuperación y mantenimiento de la cubierta vegetal, evitando la exposición de los residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.
- Se establece que los métodos pre-germinativos de escarificación mecánica y con ácido sulfúrico concentrado, son adecuados para propagar las especies de *Acacia* presentes en el parque Recreativo Cuitlahuac.
- El germoplasma de las *Acacias* del Parque Cuitlahuac presentan una buena capacidad para propagarse y posteriormente, ser introducidas a un bajo costo en sitios de disposición final post-clausura.

## **XL RECOMENDACIONES.**

- No usar este sitio como Parque Recreativo hasta haber estabilizado la zona y así reducir los riesgos a la población que acude al lugar. Y evitar al máximo el disponer los residuos, a cielo abierto ya que el costo ecológico y económico es muy elevado.
- Implementar pozos de extracción de biogás, para evitar que los gases que se están generando se difundan a la atmósfera, suelos y acuíferos. Y elaborar un sistema de captación de lixiviados, para posteriormente darles un tratamiento adecuado y evitar así que estos lleguen a la vegetación y por consecuencia a los visitantes del Parque.
- Continuar el monitoreo y con la introducción de diversas especies arbóreas en todas las zonas del Parque, incrementando la variabilidad genética, para mantener la cubierta vegetal arbórea.
- Continuar el monitoreo del sitio permanentemente, para poder así prevenir y evitar accidentes, tales como intoxicaciones por gases e incluso incendios.
- Realizar un análisis más completo del sustrato evaluando la humedad en los diferentes meses del año y evaluar el C.I.C., metales pesados, densidad aparente y relativa

## XII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Bailey, L.H. 1951. **Manual of cultivated plants. Most commonly grown in the continental United States and Canada.** Mcmillan Publishing Co. U.S.A. 605p.
2. Barradas, VL. y J-Seres R. 1988. "Los pulmones urbanos". *Ciencia y Desarrollo*78: 61-72.
3. Bold, H., Alexopoulos C y Delevoryas T, 1989. **Morfología de las plantas y los hongos.** Editorial Omega. España. 978p.
4. Cervantes, A., Ribera p. y De la Paz J., 2004. **Estadística practica para el análisis de datos.** FES Zaragoza. UNAM. México D. F. 77p.
5. Chapman Q.H. 1979. **Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas.** Editorial Trillas. México DF 195p.
6. Cozzo D., 1976. **Tecnología de la reforestación en Argentina y América Latina.** Editorial Buenos Aires; Hemisferio Sur. Argentina 610p.
7. Cox W. G., 1980. **Laboratory manual of general ecology.** William C. Brown Company Publishe., Dubuque, Iowa 51:53p.
8. Duchaufour P. 1978. **Manual de edafología.** Foray-Masson S.A. Barcelona 476p.
9. Duffus C. y Slaughter C., 1985. **Las semillas y sus usos.** AGT; EDITOR S.A. México DF. 188p.
10. Fassbender, H.W. (1987). **Química de suelos.** Servicio editorial IICA. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San Jose Costa Rica.
11. Fitter, A.H. and Hay R M., 1991. **Enviromental physiology of plant** 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press. Great Britain. 261p.
12. FitzPatrick, E. A. (1987). **Suelos: su formación, clasificación y distribución.** Editorial continental. México D.F. 430p.
13. Galván, A., López L y García M., 1995 (a). **Caracterización del ex tiradero de Santa Cruz Meyehualco y su efecto en la vegetación utilizada en la forestación.** BIEN Vol 2 no 2, p17-21.
14. Galván Villanueva M. 1995 (b). **Caracterización de los desechos sólidos del ex tiradero de Santa Cruz Meyehualco y su impacto en el suelo.** Tesis licenciatura. FES Zaragoza UNAM. México DF.

15. García M. y Murguía A. 2000. **Evaluación del establecimiento de *Senna didymobotrya* para la recuperación de la cubierta vegetal para los sitios de disposición final post-clausura.** Tesis de licenciatura. FES Zaragoza; UNAM, México DF.
16. Gaucher G. 1971. **Tratado de edafología Agrícola, el suelo y sus características agronómicas.** Editorial Omega, Barcelona 647p.
17. Hartman T. y Hudson, 1999. **Propagación de plantas, principios y prácticas.** Séptima reimpresión. Compañía editorial Continental S.A. de C.V. México D.F. 760p.
18. Hartman T., Kester E. and Davies Jr, 1990. **Plant propagation. Principles and practices.** Fifth edition. Ed. Prentice may. United Estates of America. 647p.
19. INEGI, 1998. **informe general en materia de equilibrio ecológico y protección del ambiente: 1995-1996.** INEGI. México. P 168-184.
20. INEGI, 1999. **Estadísticas poblacionales** (fecha de consulta; 10 de octubre de 2003). Disponible también en: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)
21. INEGI, 2000. **Distrito Federal. XII Censo General de Población y Vivienda. Resultados Preliminares** (fecha de consulta; 10 de octubre de 2003). Disponible también en: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx).
22. Instituto Nacional de Suelos Agrícolas (1970). **Clasificación tentativa para parámetros químicos.** Departamento de suelos. P. 115 - 119.
23. Jackson M. L. 1982. **Análisis químico de suelos.** Ediciones Omega S.A. Barcelona. 662p.
24. Jiménez C. B.,. 2001. **La contaminación ambiental en México; causas efectos y tecnología apropiada.** Editorial Limusa, México DF. 926p
25. Jonson, H. 1977. **Los árboles.** Blume. España, 264p.
26. Jordan W. R. 1987. **Restoration ecology a synthetic approach to ecological research.** Cambridge. University Press New York. 342p.
27. Leal M., Valencia C. y Larrald L., 1995. **Temas ambientales de la ciudad de México.** UNAM coordinación de investigación científica; UNAM programa universitario de medio ambiente. México DF 123p.
28. López M. y Pérez C., 2003. **El género acacia una alternativa para recuperar la cubierta vegetal arbórea en el sitio post-clausura; Parque Cuitlahuac de santa Cruz Meyehualco DF.** Tesis licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México DF.

29. **Manual de rellenos sanitarios**, 1985. Dirección general de contaminación ambiental. México DF 309p.
30. **Manual Técnico para el establecimiento de las áreas urbanas del Distrito Federal, para el establecimiento y manejo integral de las áreas verdes urbanas del distrito Federal**. Tomo I. Gobierno del DF. México DF. 236p
31. Mendes, R., Lema J. Blazquez R., Pan M. y Forjan C., 1989. **Characterization, digestibility and anaerobic treatment of leachates from old and young landfill**. *Water pollution Research and Control*. Vol. 21, no. 4-5, p 145-155.
32. Méndez V., Galindo A., y Romero Q., 2005. **Introducción de especies vegetales en el Parque Cuitlahuac (sitio de disposición final post clausura, no controlado)**. FES Zaragoza, UNAM, México DF p 40.
33. Mooney, H., Winner W., Pell E. and Chu E., 1991. **Response of plants to multiple stresses**. Academia Press Inc. San Diego California. 415p.
34. Moreno M E., 1984. **Análisis físicos y químicos de semillas agrícolas**. UNAM instituto de biología. México, 383p.
35. Munsell, 1992. **Soil colors charts**. Macbeth División of Kolmorgen Corporation Baltimore.
36. Norma Oficial Mexicana **NOM-021 RECNAT-2000** que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis.
37. Norma Oficial Mexicana **NOM 083 ECOL/96** para la construcción de rellenos sanitarios.
38. Odum P. E. 1972. **Ecología**. Tercera edición Editorial Interamericana. México, D. F. 639p.
39. Palmer R. G., 1979. **Manual de laboratorio**. Libros y editoriales S.A. México DF 158p.
40. Pereti A., 1994. **Manual para el análisis de semillas**. Editorial Hemisferio Sur S.A. Argentina. 281p.
41. Proyecto de Norma Oficial Mexicana. **PROY-NOM 084 ECOL/96** para la operación de rellenos sanitarios.
42. Ramírez H. y Salazar R. (1998). **Evaluación de las características de las especies de *Malva parvifolia* y *Amarantus hidridus* para la recuperación de la cubierta vegetal en el enterramiento controlado Bordo Xochiaca**. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza UNAM. Mexico D. F. 43 p.

43. Rending, V. and Howard M., 1989. **Principles of soil interrelationships**, McGraw-Hill. USA. 287p.
44. Richards L. A., 1980. **Suelos salinos y sódicos**. Editorial Limusa, México 172p.
45. Sánchez, J., 1990. **Estudios del comportamiento de un relleno sanitario mediante una celda de control**. Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería sanitaria y Ambiental. SMISA E93-E101. 484p.
46. Salas Morales R., 1992. **La Ciudad de México un esbozo de sus problemas ambientales**. Ediciones de la viga. México DF. 92p.
47. Salas González, R. 1990. **Evaluación de una plantación de coníferas en el volcán Ajusco** DF. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México DF.
48. SEGEM, 2004. **Manual de sitios de disposición final clausurados** (fecha de consulta; 9 de noviembre de 2004). Disponible también en: [www.edomex.gob.mx/portalgem/se/PUBLICACIONES-%20PDF/GTZ-SEGEM-ManualClausura.pdf](http://www.edomex.gob.mx/portalgem/se/PUBLICACIONES-%20PDF/GTZ-SEGEM-ManualClausura.pdf).
49. Serra, M.T. 1997. **Chile: *Acacia saligna***. En: **Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina**. FAO, Serie: Zonas áridas y semiáridas N°12.
50. Simmons, M. H., 1987. **Acacias of Australia**. Editorial Nelson. Australia 327p.
51. SMA, 2004. **Control Biológico de la Plaga que afecta el *Eucaliptus SPP.* en las Áreas Verdes Urbanas del Distrito Federal**. Secretaria del Medio Ambiente Del Distrito Federal). Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php>.
52. SPSS, versión 10.0. **Programa de análisis estadístico**. USA Inc
53. Sutcliffe, J. 1979. **Las plantas y la temperatura**. Cuadernos de Biología, Omega, Barcelona, 63p.

54. Thompson, 1982. **El suelo y su fertilidad**. Editorial Reverte. Madrid, España. 406p.
55. Trejo V. R., 1994. **Procesamiento de la basura urbana**. Editorial Trillas. México DF. 283p.
56. UNAM, 2005. **Valoración y diagnóstico del ex-tiradero Sta Cruz Meyehualco**. UNAM. México DF. 262p
57. Valencia C. y Hernández A., 2002. **Muestreo de suelos, preparación de muestras y guía de campo**. UNAM FES Cuautitlan. México DF. 131p
58. Zhang, J, Liang, J y Wong, M.H. 1995. **The effect of High CO<sub>2</sub> concentrations in simulated landfill gas and the growth and nodule activity of *leucaena leucocephala***. Plant Cell Physiol. 36,(8): 1431- 1438.
59. Worthen L. y Aldrich R., 1980. **Suelos Agrícolas su conservación y fertilización**. Unión tipográfica editorial Hispano Americana S.A: de C.V. México DF. 416p

### XIII. GLOSARIO.

**ABUNDANCIA** - Está determinada por los efectos combinados de todos los factores y todos los procesos que actúan sobre una población, ya sean dependientes o independientes de la densidad, (número de organismos existentes).

**ADAPTACIÓN** - Características genéticamente determinada que aumenta la capacidad de un individuo para afrontar su ambiente, proceso evolutivo por el cual los organismo se adaptan mejor a su entorno.

**BASURA** - Son todos los desechos sólidos mezclados que se producen como consecuencia de tales actividades humanas, ya sean domésticas, industriales, comerciales o de servicios.

**BIOGAS** - Gas producto de degradación de la materia orgánica por la acción de organismos anaerobios.

**DESECHO** - Es todo lo que se considera inservible o que ya no tiene uso alguno y que puede ser peligroso o no.

**DISPOSICION FINAL** - El deposito permanente de los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas.

**ESTABLECIMIENTO** - Relacionado a las especies vegetales que se mantienen presentes a través de un cierto periodo de tiempo en un sitio de disposición final post-clausura o en cualquier lugar en particular.

**FASE METANOGENICA** - El biogás es el producto presente en mayor proporción cuya composición general es del 10 % al 50% de metano ( $\text{CH}_4$ ) y del 30% al 60% de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

**FASE NO METANOGENICA** - La materia orgánica se descompone en presencia de agua y enzimas extracelulares de las bacterias, produciendo azúcares simples, aminoácidos, compuestos solubles y ácidos orgánicos.

**FRECUENCIA** - Se refiere a las veces que aparece una especie en los distintos lugares muestreados.

**MATERIAL DE CUBIERTA** - Capa superficial del relleno sanitario que tiene como finalidad controlar infiltraciones, el regreso o ingreso de fauna nociva de la columna de basura, hacia el exterior..

**LIXIVIADO** - Problema principal con las lluvias o como producto de la descomposición de la basura, líquidos que al percolar a través de los desechos arrastran contaminantes solubles y sólidos pequeños transportándolos hasta los mantos freáticos a las corrientes de aguas superficiales.

**REASIGNACIÓN** - Se refiere a la asignación de un nuevo uso al suelo de un paisaje o parte de el cual no necesariamente tiene relación con los ecosistemas que se desarrollaban en el sitio antes de la perturbación ecológica.

**RECICLAJE** - Significa que los desechos y desperdicios que genera el hombre debido a su forma de vida vuelvan a ser integrados a un ciclo, ya sea natural, industrial o comercial.

**RECUPERACIÓN** - Acción de recuperar algo que se dice perdido a través de métodos o técnicas aplicadas para su fin.

**REFORESTACIÓN** - Se refiere a la acción de plantar árboles en un sitio que lo requiere por deforestación, perturbación, etc.

**REHABILITACIÓN** - Su finalidad es elevar la productividad de los ecosistemas para beneficio de los habitantes del lugar, introduciendo al sitio las mismas especies o especies exóticas.

**RESIDUOS SÓLIDOS** - Cualquier material desechado que posea suficiente consistencia para no fluir por sí mismo, y que no tenga utilidad alguna.

**RESIDUO** - Es cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumos, utilización o tratamiento como calidad que puede ser incluirlo nuevamente en el proceso de reuso.

**RESTAURACIÓN** - Estudio y práctica de la reconstrucción del ecosistema, mediante el establecimiento de especies nativas en comunidades bióticas deterioradas parcial o totalmente.

**REVEGETACIÓN** - Es la acción de volver a introducir especies en un lugar que ha sido deteriorado para iniciar en este una nueva vida vegetal.

**REUSO** - Se refiere a volver a utilizar cosas que antes se creían inservibles, como el reuso de papel o vidrio.

**TRINCHERA** - Técnica especial para la remoción de residuos sólidos, con la finalidad de crear un camino y taludes iguales a ambos lados en un sitio de disposición final post-clausura.

**SUELO** - Cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

**SUSTRATO** - Es una mezcla de materiales (suelos, construcciones, etc.), generalmente transportados de diferentes orígenes.

## XIV. ANEXO I.

## Cartas de identificación Botánica expedidas por el herbario FEZA

  
Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA  
HERNANDO PEZA

SOCL. MARCA DE LOS ANGELES GALVÁN VILLANUEVA  
P R E S E N T E.

En relación a la análisis botánico de identificación de especímenes botánicos de la familia FABACEAE, se comunico que el nombre científico correspondiente al espécimen 1, 2 y 3 es:

*Acacia baileyana* F. Muell.

Sin otro particular le envío la saludo afectuosa.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
México, D.F., a 16 de febrero de 2003.

  
M. C. CARLOS CASTELLANOS CRUZ  
RESPONSABLE ACADÉMICO DEL HERBARIO FEZA

Carta de identificación de *Acacia baileyana*

  
Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA

IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

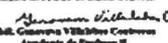
SOCL. ANGELES GALVÁN VILLANUEVA  
PROFESORA DEL MÓDULO AMBIENTALISMO  
P R E S E N T E

En relación a su amable solicitud de identificación de especímenes, le informo que según el análisis morfológico efectuado a cada una de las especies, estas corresponden a las siguientes especies de género:

AG-01. *Salix bonplandiana* Willd. Del Gobierno Vialobos C. Marzo 2001. Un espécimen.  
AG-02. *Salix bonplandiana* Willd. Del Gobierno Vialobos C. Marzo 2001. Un espécimen.  
AG-03. *Salix bonplandiana* Willd. Del Gobierno Vialobos C. Marzo 2001. Un espécimen.  
LS-1. *Salix bonplandiana* Willd. Del Gobierno Vialobos C. Marzo 2001. Un espécimen.  
LS-2. *Salix bonplandiana* Willd. Del Gobierno Vialobos C. Marzo 2001. Un espécimen.  
PM-1 *Salix bonplandiana* Willd. Del Gobierno Vialobos C. Marzo 2001. Un espécimen.

Sin más por el momento y esperando de que la salud de utilidad entre nosotros a nivel y a las alturas en la realización de sus tareas de docencia, se despide, recordándole un saludo cordial.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
México, D.F., a 25 de marzo de 2004.

  
M. C. CARLOS CASTELLANOS CRUZ  
RESPONSABLE ACADÉMICO DEL HERBARIO FEZA

S.A.P. IME, Marqués de San Agustín, Avda. de Carrasco  
c.a.p. M. en C. Roberto Escobar, Coordinador de Círculo Interactivo  
c.a.p. Marco A. Hernández Medina, Encargado del Herbario

Carta de identificación *A. saligna* y *A. nerifolia*

  
Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA  
HERNANDO PEZA

SOCL. MA DE LOS ANGELES GALVÁN VILLANUEVA  
PROFESORA DE LA CARRERA DE BIÓLOGO  
P R E S E N T E.

En respuesta a su amable solicitud le informo que los especímenes enviados para su determinación taxonómica y que forman parte del trabajo de la jurista Patricia Matías, se encuentran todavía en proceso, algunas de ellas se con el nombre científico.

Por otro lado le comento que los especímenes recolectados en el Parque Cuicatlan (SITE de Explotación Final 0052030701) por el alumno Leobardo J. Méndez Valero, corresponden a la especie:

*Salix bonplandiana* M.B.E.

Sin otro particular y en espera que esta información le sea de utilidad le envío un saludo afectuoso.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
México, D.F., a 25 de septiembre de 2004.

  
M. C. CARLOS CASTELLANOS CRUZ  
RESPONSABLE ACADÉMICO DEL HERBARIO FEZA

Carta identificación de *Salix Bonplandiana*