



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

CARRERA: BIOLOGIA

Establecimiento del *Populus alba* L., *Kalanchoe
blossfeldiana* P., *Nerium oleander* L., *Tamarix gallica*
L., en un sitio de disposición final post clausura
“Parque Ecológico Cuitláhuac”

TESIS

Área: Ambientalismo

Presentan:

Criollo Domínguez Carlos Alberto
Hernández Sánchez Giovanni Ricardo

Directora de tesis:

Biol. María De Los Ángeles Galván Villanueva



México D.F. Mayo 2011



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.

AGRADECIMIENTOS GENERALES

LE AGRADECEMOS A LA PROFESORA MARIA DE LOS ANGELES GALVAN VILLANUEVA POR SU GUIA, APOYO, AMISTAD, BUENOS CONSEJOS Y SOBRE TODO POR ACOMPAÑARNOS EN LA ULTIMA PARTE DE NUESTRA CARRERA.

LE AGRADECEMOS AL DR. ARCADIO MONROY ATA POR SUS CONSEJOS Y APOYO INCONDICIONAL EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO, ASI COMO POR SU AMISTAD DENTRO Y FUERA DE LAS AULAS.

LE AGRADECEMOS A LA PROFESORA ELVIA GARCIA SANTOS, POR SUS CONSEJOS, SU APOYO EN LA REALIZACION DE ESTA TESIS Y SU AMISTAD.

LE AGRADECEMOS AL M. EN C. GERMAN CALVA VAZQUEZ POR SU APOYO Y COLABORACION EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

LE AGRADECEMOS A LA PROFESORA MARCIELA ARTEAGA MEJIA VAZQUEZ POR SU APOYO Y COLABORACION EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AGRADECIMIENTOS:

LE AGRADEZCO PRINCIPALMENTE A DIOS PORQUE SIEMPRE HA ESTADO CONMIGO Y ME DIO LA SERENIDAD Y LA FORTALEZA PARA TERMINAR ESTE TRABAJO.

LE AGRADEZCO A MI MAMA: CELERINA SANCHEZ CRUZ, POR SU AMOR E IMPULSO., QUE HASTA DONDE PUDO ME APOYO PARA QUE YO ESTUDIARA LA CARRERA.

LE AGRADEZCO A MI PAPA, HERMANOS, SOBRINOS, Y A TODOS MIS AMIGOS INCLUYENDO: A LOS MAIS, MUSEO DE LA LUZ, ESCUELA, SEDF. Y COMPAÑEROS YA QUE TODOS ELLOS SON PARTE IMPORTANTE EN MI VIDA.

LE AGRADEZCO A MI AMIGO CARLOS POR TODOS ESOS AÑOS DE AMISTAD SINCERA, EN TODO MOMENTOS.

.

HERNANDEZ SANCHEZ GIOVANNI RICARDO

-

AGRADECIMIENTOS

PRIMERO AGRADEZCO A DIOS POR ACOMPAÑARME EN TODO MI CAMINO, POR AYUDARME EN CUANTIOSAS OCASIONES Y PERMITIRME CONOCER A TODOS AQUELLOS QUE TIENE UN LUGAR EN MI CORAZON.

AGRADEZCO A MIS PADRES POR DARMELA VIDA Y GUIARME A TRAVES DE TODOS ESTOS AÑOS, YA QUE SIN SU APOYO NO HUBIERA PODIDO CULMINAR ESTA ETAPA.

AGRADEZCO A MIS HERMANOS, QUE DESDE QUE NACIERON ME HAN ACOMPAÑADO EN TODO MOMENTO Y SON PARTE DE ESTE LOGRO.

A TODOS MIS FAMILIARES POR SU APOYO, A MI ANGELITO MENCHU Y A MI SOBRINO WILLIE POR SU COMPAÑÍA INCONDICIONAL.

A MI SEGUNDA FAMILIA: HUGO, MONI, DODA, CHIO, HELLER, MARGARITA, MARCELA, JESUS, CLAUDIA, JESSI, RAQUEL, SAMARA, CONSTANTINO, RICHI, ARAT, LIZBET.

A MIS AMIGOS DE LA FES, DEL MUSEO DE LA LUZ, DEL CASINO, DE LA SECRETARIA, DE LA PAOT, DE LA EMPRESA LOBO.

A LA DIRECTORA SOCORRO POR SUS BUENOS CONSEJOS ASI COMO APOYO EN ESTA ULTIMA ETAPA, A MIS AMIGOS DEL CNCI, A MALAGA Y A SABDY POR SUS ENSEÑANZAS Y GRATA COMPAÑÍA.

AL BUEN RICHI QUE CON SU APOYO INCONDICIONAL Y GRAN AMISTAD, HEMOS LOGRADO TERMINAR ESTA TESIS.

CRIOLLO DOMINGUEZ CARLOS ALBERTO

ÍNDICE GENERAL

i

RESUMEN	i
I- INTRODUCCIÓN	1
II- MARCO TEÓRICO	3
2.1 Clasificación de residuos	3
2.1.1 Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	4
2.1.2 Residuos Peligrosos (RP)	5
2.1.3 Residuos de Manejo Especial (RME)	5
2.2 Generación de residuos sólidos en México	7
2.3 Ciclo de los residuos sólidos	7
2.3.1 Generación	8
2.3.2 Almacenamiento	9
2.3.3 Recolección	9
2.3.4 Transferencia	10
2.3.5 Separación y aprovechamiento	12
2.3.6 Tratamiento	12
2.3.6.1 Incineración	13
2.3.6.2 Pirólisis	14
2.3.6.3 Reciclaje	15
2.3.6.4 Composteo	16
2.3.7 Disposición final	16
2.4 Problemas asociados al manejo de los residuos sólidos urbanos	17
2.4.1 Efectos en la salud	20
2.5 Formas de disposición final de los residuos sólidos urbanos	21
2.5.1 Tiraderos a cielo abierto	22
2.5.2 Enterramiento controlado	22
2.5.3 Relleno sanitario	23
2.5.3.1 Formación y Aprovechamiento de Biogás	26
2.5.3.2 Generación de Lixiviados	29

2.6 Marco jurídico en materia de residuos sólidos urbanos	31
2.6.1 Constitución de los Estados Unidos Mexicanos	32
2.6.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)	33
2.6.3 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	34
2.6.4 Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal	35
2.6.5 Ley Ambiental del DF	35
2.6.6 Normas Oficiales Mexicanas	36
2.6.7 NOM-083-SEMARNAT-2003	37
2.6.8 Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004	38
2.7 Establecimiento de las especies vegetales	40
2.8 Estrés	43
2.8.1 Tipos de estrés	44
2.8.1.1 Estrés hídrico	45
2.8.1.2 Estrés térmico	46
2.8.1.3 Estrés nutrimental	47
2.8.1.4 Estrés por presencia de metales pesados tóxicos	48
2.8.1.5 Estrés por salinidad	49
2.9 Biología de las especies	49
2.9.1 Clasificación taxonómica <i>Nerium oleander</i> (Rosa laurel)	49
2.9.1.1 Descripción	49
2.9.2 Clasificación taxonómica <i>Populus alba</i> (Álamo plateado)	51
2.9.2.1 Descripción	51
2.9.3 Clasificación taxonómica <i>Tamarix gallica</i>	55
2.9.3.1 Descripción	55
2.9.4 Clasificación taxonómica <i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	58
2.9.4.1 Descripción	58
2.10 Selección de especies en vivero	59
III- ANTECEDENTES	61
3.1 Antecedentes en el Parque Ecológico Cuitláhuac	66

IV- OBJETIVOS	67
4.1 Objetivo general	67
4.2 Objetivos particulares	67
V- JUSTIFICACIÓN	68
VI- HIPÓTESIS	69
VII- ZONA DE ESTUDIO	70
7.1 Topografía	73
7.2 Edafología y Geología	73
7.3 Clima	73
7.4 Generalidades del sitio	74
VIII- MÉTODO	75
8.1 Fase de gabinete	76
8.2 Fase de campo	76
8.2.1 Muestreo de suelo en el sitio	76
8.2.2 Plantación en el sitio	76
8.2.3 Seguimiento de la plantación	78
8.2.3.1 Ubicación de las especies en la parcela experimental	78
8.3 Fase de Laboratorio	80
8.3.1 Análisis físicos y químicos del sustrato Tecnosol	80
8.3.1.1 Color	80
8.3.1.2 Textura	80
8.3.1.3 Conductividad Eléctrica	80
8.3.1.4 Potencial Hidrógeno Real	80
8.3.1.5 Materia Orgánica	80
8.3.1.6 Capacidad de Intercambio Catiónico Total (C.I.C.T.)	80
8.3.1.7 Prueba de efervescencia de Carbonatos.	80
8.3.1.8 Pedregosidad	80
IX - RESULTADOS	81
X - ANÁLISIS DE RESULTADOS	110
10.1 Análisis general del sustrato tecnosol	110
10.2 Análisis general de las especies	112

XI – CONCLUSIONES	118
XII – RECOMENDACIONES	119
XIII – REFERENCIAS	120
13.1 Bibliográficas	120
13.2 Electrónicas	129
XIV – ANEXOS	130
Anexo 1	130
Anexo 2	132

ÍNDICE DE FIGURAS

ii

Figura No. 1 Ciclo de los residuos sólidos	7
Figura No. 2 Vigor de una planta cualquiera en función de un gradiente de contaminación.	43
Figura No. 3 Tipos de estrés ambiental	44
Figura No. 4 <i>Nerium oleander</i> testigo FES Zaragoza	49
Figura No. 5 <i>Populus alba</i> testigo FES Zaragoza	51
Figura No. 6 <i>Tamarix gallica</i> en la parcela experimental	55
Figura No. 7 <i>Kalanchoe blossfeldiana</i> en la parcela experimental	58
Figura No. 8 Zona Norte de estudio Parque Ecológico Cuitláhuac	72
Figura No. 9 Diagrama de flujo del método	75
Figura No. 10 Realización de las cepas en base a la NADF-001-RENAT-2006	77
Figura No. 11 Plantación de especies <i>Kalanchoe blossfeldiana</i> en el Parque Ecológico Cuitláhuac	77
Figura No. 12 Plantación de especies <i>Kalanchoe blossfeldiana</i> en la FES Zaragoza	77
Figura No. 13 Ubicación de la especie <i>Nerium oleander</i>	78
Figura No. 14 Ubicación de la especie <i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	79
Figura No. 15 Ubicación de la especie <i>Tamarix gallica</i>	79
Figura No. 16 Altura promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010	84
Figura No. 17 Altura promedio del individuo 2, de julio 2008 a agosto 2010	85
Figura No. 18 Altura promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010	86
Figura No. 19 Altura promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010	87
Figura No. 20 Altura promedio del individuo 5, de julio 2008 a agosto 2010	88
Figura No. 21 Altura promedio del individuo 6, de julio 2008 a agosto 2010	89
Figura No. 22 Altura promedio del individuo 7, de julio 2008 a agosto 2010	90
Figura No. 23 Altura promedio del individuo 8, de julio 2008 a agosto 2010	91
Figura No. 24 Cobertura de copa promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010	92
Figura No. 25 Cobertura de copa promedio del individuo 2, de julio 2008 a agosto 2010	93
Figura No. 26 Cobertura de copa promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010	94
Figura No. 27 Cobertura de copa promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010	95
Figura No. 28 Cobertura de copa promedio del individuo 5, de julio 2008 a agosto 2010	96
Figura No. 29 Cobertura de copa promedio del individuo 6, de julio 2008 a agosto 2010	97

Figura No. 30 Cobertura de copa promedio del individuo 7, de julio 2008 a agosto 2010	98
Figura No. 31 Cobertura de copa promedio del individuo 8, de julio 2008 a agosto 2010	99
Figura No. 32 Altura promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010	100
Figura No. 33 Altura promedio del individuo 2, de julio 2008 a agosto 2010	101
Figura No. 34 Altura promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010	102
Figura No. 35 Altura promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010	103
Figura No. 36 Cobertura de copa promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010	104
Figura No. 37 Cobertura de copa promedio del individuo 2, de julio 2008 a agosto 2010	105
Figura No. 38 Cobertura de copa promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010	106
Figura No. 39 Cobertura de copa promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010	107
Figura No. 40 Altura promedio, de julio 2008 a enero 2010	108
Figura No. 41 Cobertura de copa promedio, de julio 2008 a enero 2010	109

Tabla No. 1 Categorías de los sitios de disposición final	37
Tabla No. 2 Estudios y análisis previos requeridos para la construcción de sitios de disposición final.	38
Tabla No.3: Algunas especies propuestas para ser utilizadas en un relleno sanitario	64
Tabla No. 4: Resultados de los análisis físicos y químicos realizados al sustrato Tecnosol de la parcela experimental Parque Ecológico Cuitláhuac.	81

RESUMEN

Este trabajo se realizó en el Parque Ecológico Cuitláhuac y en las parcelas testigo en la FES Zaragoza, el objetivo fue evaluar el establecimiento de: *kalanchoe blossfeldiana* *Nerium oleander*, *Tamarix gallica* y *Populus alba*.

Se realizaron análisis físicos y químicos del sustrato de la parcela experimental, con base en la NOM-021-RECNAT-2000. Se trabajaron con dos repeticiones de 25 muestras simples tomadas al azar, el resultado del análisis mostró: una clase textural dominante migajón arenoso, muy bajos valores de salinidad 0.01dsm^{-1} a 0.18dsm^{-1} , un porcentaje de materia orgánica de 0.48 a 8.69%, una CIC de 17 a 51.2 cmol Kg^{-1} y un pH de 6.8 a 8.6 (que va de neutro hasta fuertemente alcalino).

La única especie introducida fue *kalanchoe blossfeldiana*, las otras ya se localizaban en la parcela experimental del parque. El seguimiento consistió en registrar medidas de altura y cobertura de copa con un flexometro, el diámetro del tronco principal con un vernier; se tomaron mediciones cada dos meses, se inició en julio del 2008, terminando en agosto del 2010.

La especies *Tamarix gallica* y *Nerium oleander*, mostraron una sobrevivencia del 100%; a pesar de haber sido afectadas por un incendio en junio del 2009.

La especie *Kalanchoe blossfeldiana* tuvo una sobrevivencia del 71.42% esto debido a que fue la única afectada por robo de individuos.

I INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales con los que contamos en nuestro planeta no son ilimitados, sin embargo, las crecientes necesidades humanas, hacen que sea prácticamente imposible detener su aprovechamiento, por lo tanto, el solventar nuestras necesidades debe de basarse en el llamado "Desarrollo sustentable", esto significa aprovechar adecuadamente dichos recursos, cuidando no comprometer lo necesario para el desarrollo de la siguiente generación, que a su vez tendrá la misma responsabilidad.

La generación de un residuo se inicia cuando un consumidor decide que un producto ya le resulta no deseable o inservible. Este momento varía con el criterio de cada individuo y de sus costumbres. Asimismo, la generación de residuos sólidos se encuentra sumamente ligada con el grado de desarrollo de una localidad, la densidad de población y el ingreso económico. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la producción per cápita de basura (Kg/hab/día) es mayor en una localidad urbana, seguida por una metropolitana, una semiurbana y por último en una localidad rural (CICEANA, 2010).

México enfrenta grandes retos en el manejo de sus residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial (RME), conocidos coloquialmente como basura. Factores como el crecimiento de la población y de la actividad industrial, los patrones actuales de producción y consumo, el proceso de urbanización, entre otros, han modificado de manera importante la cantidad y composición de estos residuos. La población del país creció de 103 263 388 millones de habitantes en el 2005 a 108 396 211 millones en el 2010, y la generación de residuos también se incrementó: pasó de 34 millones de toneladas en el 2005 a 38 millones de toneladas en el 2010. Esto significa en promedio, que cada habitante genera cerca de 1 Kg/hab/día de basura (INEGI, 2011 y SEMARNAT, 2011).

Del total de residuos generados en el país, se recolecta alrededor de 88 %, pero solo la mitad tiene una disposición final adecuada, en consecuencia de los 38 millones de toneladas generadas al año, poco más de 13 millones se disponen en tiraderos a cielo abierto y sin control alguno. Adicionalmente, es necesario señalar que la mayoría de los sitios de disposición final no cumplen con las condiciones para evitar la contaminación de los suelos, los acuíferos y el aire por el efecto de los lixiviados y el biogás generado por la descomposición de la basura (SEMARNAT, 2011 y NOM 083, SEMARNAT, 2003).

En la actualidad el acelerado crecimiento demográfico provoca una alta generación de residuos sólidos, debido a ello los sitios de disposición final son clausurados por que llegan a su máxima capacidad. Los sitios clausurados generan contaminación ambiental y daños a la salud humana, una forma de mitigar estos efectos es creando parques ecológicos como lo fue el tiradero de Santa Cruz Meyehualco en el D.F; al no haber control en la distribución de la basura la superficie es muy irregular, por lo cual se requiere formar una cubierta vegetal para el adecuado establecimiento de las especies, no debemos olvidar que el suelo es muy importante en este proceso, ya que los suelos además de aportar nutrientes para las plantas y ser un suministro de agua; son su soporte. Un conocimiento previo de las propiedades físicas y químicas del suelo es muy útil para seleccionar las especies más viables, ahorrando trabajo y dinero.

En los sustratos poco profundos se requiere evaluar la capacidad de retención y distribución de agua a si como aire en el espacio poroso, la capacidad de retención de nutrientes, el grado de evolución de la materia orgánica, la salinidad, la acidez, el contenido de carbonatos y de nutrientes (Briz, 1999).

II MARCO TEÓRICO

2.1 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Para poder clasificar un residuo es necesario primero definirlo, son aquellos materiales cuyo poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso contenidos en recipientes y que pueden ser susceptibles de recibir tratamiento o disposición final, de conformidad con lo establecido por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

Residuos sólidos urbanos se definen como los materiales, productos o subproductos que sin ser considerados peligrosos se desechan, los cuales son susceptibles de aprovecharse o requieren sujetarse a métodos de tratamiento o disposición final, pueden ser residuos orgánicos e inorgánicos.

La basura es la mezcla de residuos inorgánicos resultado de nuestros consumos, como papel, los plásticos, el metal, el cartón entre otros junto con residuos orgánicos como los restos de comida y jardinería, los cuales se contaminan entre sí al entrar en contacto unos con otros, evitando un posible aprovechamiento de ambos (SEMARNAT, 2003).

Los residuos no peligrosos: aquellos que provienen de actividades que se desarrollan en casas-habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, también llamados residuos sólidos municipales (RSM), o residuos urbanos (Monroy, 2006).

La composición en la zona sur del país tiene mayores contenidos en residuos de jardinería, mientras que en las zonas urbanas este mismo producto aparece en menor proporción (SEDESOL, 1998).

Según datos reportados por la SEDESOL, en 2004 la generación de RSU en todo el país fue de 94,800 toneladas diarias, equivalentes a 34.6 millones de toneladas anuales.

Según datos de SEDESOL para el año 2004, en el país, el 53% de los RSU son de tipo orgánico, en tanto que el 28% son potencialmente reciclables como el papel y cartón (14%), vidrio (6%), plásticos (4%), hojalata (3%) y textiles (1%), el 19% otros son residuos de madera, cuero, trapo y fibras diversas, materiales parcialmente reciclables aunque con mayor grado de dificultad (Hernández, 2007).

Los residuos industriales son desechos que no tienen uso dentro de la industria y que, por su no peligrosidad son desechados junto con los residuos municipales. La mayor parte de los industriales, incluyendo a los dueños de pequeños talleres, los entregan a los servicios municipales de recolección donde son mezclados sin ninguna precaución con la basura doméstica y son transportados a tiraderos a cielo abierto o simplemente los arrojan en cualquier sitio, en los ex-basureros de Santa Cruz Meyehualco y Santa Fe se encuentran mezclados residuos de origen industrial y doméstico, muchos de ellos incompatibles.

Las principales industrias que generan este tipo de residuos son la química básica (orgánica e inorgánica), la de los procesos siderúrgicos que emplean chatarra, la de metales básicos no ferrosos y la de tratamiento de superficies, la petrolera y la petroquímica así como la de plaguicidas (Gutiérrez, 1990).

En la composición de los residuos sólidos municipales de México destacan los productos orgánicos con 50% de la generación total, siguiendo en importancia el cartón y el papel con 15% (INEGI, 2007).

2.1.1 Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Conocidos como "basura", son aquellos desechos generados en hogares, comercios o en la vía pública, tales como envases, empaques restos de comida o lo que resulta de la limpieza de las calles o lugares públicos; son responsabilidad de los municipios.

2.1.2 Residuos Peligrosos (RP)

Los residuos peligrosos son todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente son responsabilidad de la federación con excepción de microgeneradores (Monroy, 2006).

De acuerdo a la suma total de las cantidades reportadas por la SEMARNAT, durante el periodo de 1995 a mayo de 2005 respecto a los residuos peligrosos, se exportaron 3,344,056 ton, mientras que para el mismo periodo se importaron 2,796,008 ton, son 548,048 ton más de lo exportado. Es importante hacer un análisis para determinar cuáles son los tipos de residuos peligrosos para los que no existe tecnología en México.

2.1.3 Residuos de Manejo Especial (RME)

Son producidos por grandes generadores, sin que tengan características de peligrosidad o de ser RSU, son responsabilidad de las entidades federativas y de los municipios.

Estos a su vez se clasifican en:

- Las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera.
- Los servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos.
- Las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades.

- Los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas.
- Tratamiento de aguas residuales (Lodos).
- Los residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes.
- Residuos generados por la construcción, mantenimiento y demolición en general.
- Los residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico.
- Otros que determine la SEMARNAT de común acuerdo con las entidades federativas y municipios que así lo convengan para facilitar su gestión integral (SEMARNAT, 2011).

El INEGI en el 2011 menciona que estos residuos son generados en procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

De acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003, los residuos que están prohibidos para su ingreso a los rellenos sanitarios son únicamente los peligrosos (SEMARNAT, 2003).

2.2 GENERACION DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MEXICO

En el país se recolectaba en el año 2007 el 88.4% de los residuos generados (101,000 toneladas) y quedaban dispersas diariamente 11,716 toneladas. Del total generado poco más del 67% se depositaba en sitios controlados, esto es 67,670 ton/día, lo que significa que 33,330 toneladas se disponían diariamente a cielo abierto, en tiraderos no controlados, tiraderos clandestinos o dispersos en forma inadecuada (SEMARNAT, 2011).

2.3 CICLO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El incremento en la generación de los RSU ha tenido como consecuencia que se estén impulsando acciones para mejorar su disposición (figura 1).



Figura 1: Ciclo de los residuos sólidos (Criollo y Hernández, 2011)

El manejo de los desechos sólidos se resume en un ciclo que comienza con su generación y acumulación temporal, continuando con su recolección, transporte y transferencia, y culmina en el destino final de los mismos, que puede ser reciclaje de los subproductos útiles y su reutilización industrial, que en la ciudad de México y con los sistemas utilizados no llega ni al 15%, o su disposición final en sitios destinados para este proceso (López, 1990). A continuación se detallan cada una de las fases del ciclo:

2.3.1 Generación

Depende de muchos factores, alguno de ellos es el nivel socioeconómico de la población, siendo mayor su generación cuando se tiene más poder adquisitivo en la sociedad; en determinados periodos del año se observa mayor producción de residuos orgánicos; por ejemplo, en otoño por la caída de las hojas de los árboles, entre otros factores (Origel, 2001).

En el verano se producen más residuos de frutos y verduras, mientras que en el invierno los hábitos de consumo aumentan su generación de botellas de licor, latas, envolturas y empaques de enseres (SEMARNAT, 2001).

La generación de residuos sólidos es generalmente mayor en climas cálidos que en los fríos. Que es relativamente baja en el invierno y se incrementa con la temperatura en la primavera en los Estados Unidos. El notable incremento en la primavera es causado por el aumento en la actividad humana, por el crecimiento de las plantas y los desechos de las mismas. La generación de residuos empieza a disminuir después del mes de junio y se mantiene arriba del promedio hasta el otoño (citado en CICEANA, 2010).

Según la OMS la producción per cápita por Kg/hab/día es mayor en una localidad urbana, seguida por una metropolitana, después una semiurbana y por último los desechos de una localidad rural (Jiménez, 2001).

México ocupa uno de los primeros lugares en la generación de RU de América Latina, la generación total en 2006 llegó a 36,135,000 ton/año/día, destacando el estado de México y el Distrito Federal como los principales generadores en el país con 6,051,000 ton/año/día y 4,599,000 ton/año/día respectivamente (INEGI, 2007).

2.3.2 Almacenamiento

Es la acción de retener temporalmente los residuos hasta que se recolecten para su posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento y/o disposición final. Los recipientes utilizados para el almacenamiento son de diferentes capacidades y de materiales diversos, cuyas características dificultan el apropiado manejo de estos, tanto en la fuente de generación como en la fase de recolección.

Un almacenamiento insuficiente o inadecuado puede afectar al ambiente y la salud de la población, en especial en la generación de faunas nocivas y posibles patógenos, e indirecto por la necesidad de retirar los residuos con mayor frecuencia que la considerada en el programa de recolección y por lo tanto, se fomenta la disposición inadecuada a cielo abierto en cualquier espacio factible (SEDESOL, 1998).

2.3.3 Recolección

En el 2001 Jiménez menciona que la recolección consiste en tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos dentro de equipos destinados a transportarlos a los sitios de transferencia, tratamiento y/o disposición final.

La infraestructura deficiente puede provocar disminución en la capacidad de recolección y, por lo tanto, en la frecuencia de ésta, se puede mencionar el parque vehicular del D.F. que según el anuario estadístico del Distrito Federal (1999), en 1998 contaba con 2,011 vehículos recolectores de los cuales más del 50% tenían cubierto su periodo de vida útil.

En el caso del Distrito Federal (DF) se brinda el servicio de colecta de residuos por medio de las Delegaciones y en la provincia, por medio de los municipios. Las organizaciones encargadas de normar y supervisar todo el proceso son la Secretaria de Salud y Asistencia (SSA) y la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (CICEANA, 2010).

En el DF, se emplea para la recolección equipo moderno: barredoras mecánicas, camiones compactadores, tráilers, camiones tubulares de volteo, etcétera; en cambio en la zona metropolitana, las posibilidades para la recolección abarcan desde un perfeccionado sistema de "containers" en Cd. Satélite hasta los tradicionales carros de madera tirados por mulas en Cd. Nezahualcóyotl (Castillo, 1990).

En la mayoría de los municipios mexicanos no se cobra por el servicio de recolección a través de la administración municipal, sin embargo, gran parte de la ciudadanía paga propinas o gratificaciones; algunos municipios hacen contratos recibiendo algunas veces una cantidad adicional de gasolina para la operación de camiones, que pueden ser privados o del municipio, como ingreso complementario (Florisbela y Wehenpohi, 2001).

De acuerdo a datos de la SEDESOL (2005), se estima que se recolecta el 87% de las 94,800 ton/día generadas. Se calcula que en las grandes zonas metropolitanas la cobertura alcanza el 95%; en ciudades medias varía entre el 75 y el 85%; así como en pequeñas áreas urbanas alcanza entre el 60% y el 80%. La SEDESOL estima que a nivel nacional, en México se deposita en 88 rellenos sanitarios y 21 sitios controlados; el 49 % de los rellenos sanitarios son municipales, 18% regionales y 33% operados por la iniciativa privada (Hernández, 2007).

2.3.4 Transferencia

Se aplica el término estación de transferencia a las instalaciones en donde se hace el traslado de basura de un vehículo recolector pequeño a otro vehículo tráiler, o transporte suplementario es el que traslada los residuos sólidos hasta su destino final.

Se llena un tráiler, con capacidad para recibir de 20 a 25 toneladas de basura, provenientes de 7 u 8 viajes de camiones más pequeños, se presenta con mayor frecuencia en las poblaciones del país con actividades económicas importantes, ya que al surgir asentamientos humanos en las periferias de las ciudades se obliga a ubicar más lejanos los sitios para disposición final de la basura. Ciudades como Querétaro, Ciudad Juárez, Tapatitlán, San Luis Potosí, Ciudad del Carmen, Guadalupe, N.L., y el D.F. cuentan con este tipo de instalaciones (Hernández, 2007).

Las Delegaciones que cuentan con estación de transferencia son: Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco. En el caso de la delegación Iztapalapa cuenta con dos instalaciones, una de las cuales apoya la recepción de los residuos de la Delegación Iztacalco y de la central de abasto con generación aproximada es de 88 toneladas por día; mientras que la otra, se utiliza exclusivamente para el servicio de esta Delegación. El único municipio que cuenta con estación de transferencia es el de Tlalnepantla (Origel, 2001).

Cuando las zonas de transferencia se ubican dentro de la ciudad se deben incorporar medidas que controlen el impacto ambiental. Esto se logra instalando sistemas de captación de polvos, lavadores de malos olores, sistemas de control de ruidos, fumigación periódica y un diseño arquitectónico adecuado para evitar tanto el congestionamiento de tránsito como el deterioro de la imagen urbana (Jiménez, 2001).

En la estación de transferencia también se revisa la basura, cuando el tráiler está lleno sale de la estación para dirigirse al sitio de disposición final que tenga asignado (Castillo, 1990).

Valdría la pena recordar que la demanda de la industria por materiales reciclables, provenientes de los desechos domésticos e industriales es creciente y que incluso, muchas empresas en México trabajan importando "desechos" provenientes de los Estados Unidos y Canadá (Castillo, 1990).

Los materiales comúnmente utilizados para el empaque y embalaje a nivel nacional y de exportación son el vidrio, el metal, el cartón y el plástico, y de éstos, el plástico ocupa un lugar importante dentro de la industria 844,000 toneladas anuales, 8.9 Kg/hab./día.

Según estimaciones de la Asociación para Promover el Reciclaje del PET (APREPET), la demanda de polietileno tereftalato (PET) para fabricación de envases, fue en el Distrito Federal de 55,800 toneladas al año (SMA, 2001).

2.3.5 Separación y aprovechamiento

El proceso de selección y aprovechamiento de residuos sólidos en la Zona Urbana del Valle de México (ZUVM), inicia en julio de 1994 cuando son inauguradas las plantas San Juan de Aragón y Bordo Poniente, mientras que en febrero de 1996 lo hace la planta de Santa Catarina. El funcionamiento de estas plantas se basa en el siguiente proceso: una vez que ingresan las unidades de transferencia, éstas son pesadas para posteriormente ser canalizadas al patio de recepción donde vierten en las bandas principales de selección donde se lleva a cabo la recuperación manual de los materiales susceptibles de aprovecharse o reciclarse los materiales que no son seleccionados continúan su trayecto hacia la zona de rechazo, en la cual se descargan en unidades de transferencia para ser canalizados al relleno sanitario para su disposición final (Origel, 2001).

2.3.6 Tratamiento

El tratamiento es el proceso que sufren los residuos sólidos para convertirlos en reutilizables y/o eliminar su peligrosidad; el empleo de los procesos de tratamiento y aprovechamiento tiene como objetivos minimizar la cantidad de residuos sólidos a enterrar en el sitio de disposición final, conservar los recursos naturales y reintegrar al proceso productivo a aquellos materiales susceptibles de serlo, mediante la utilización de tecnologías y procesos viables, entre los que sobresalen los procesos de selección y aprovechamiento térmicos con recuperación de energía (incineración, pirolisis, gasificación)

y mediante procedimientos biológicos para la obtención de composta o biogás (Origel, 2001).

2.3.6.1 Incineración

La incineración consiste en quemar los residuos en hornos especiales que toman en cuenta sus características propias: alto contenido de humedad, heterogeneidad y poder calorífico relativamente bajo. Es un proceso que utiliza la descomposición térmica vía oxidación, a fin de convertir un residuo en material menos voluminoso, tóxico o nocivo. El proceso en general consiste en secar los residuos dentro del horno y elevar la temperatura al grado de incineración, introducir el aire necesario para la combustión y por último evacuar los residuos. El proceso es continuo; por un lado entran los residuos a los hornos y salen por el otro extremo completamente quemados, durante esta combustión se producen gases y una parte de escorias, las cuales son materiales inorgánicos que pueden depositarse en rellenos sanitarios, pavimentación de calles y usos similares; su producción representa entre el 5 y 19% del volumen inicial de residuos y desde el punto de vista higiénico son absolutamente inertes. El poder calorífico de los residuos oscila entre límites bastante amplios de acuerdo a su composición. Este calor es aprovechable en la producción de vapor, para uso industrial y la producción de energía eléctrica.

De 1990 a 1992, operó una planta de incineración piloto en San Juan de Aragón, con instalaciones consideradas de alta calidad en ese tiempo para el tratamiento de emisiones. Sin embargo, no se obtuvo el desempeño esperado de tal planta. La falla se debió principalmente a que ésta no fue diseñada para la composición de los residuos en México, cuyos valores caloríficos tienen un rango por debajo de 1,200 Kcal/Kg; si en el futuro se desea instalar una planta de incineración se requiere cumplir con las normas estándares establecidas en la normatividad vigente para instalación y operación de incineradores, se debe invertir fuertemente también en instalaciones para el tratamiento de emisiones (Origel, 2001).

La incineración es una tecnología costosa que requiere de personal calificado, del mantenimiento continuo del equipo y de una operación muy cuidadosa, con el fin de evitar

daños por contaminación atmosférica y aguas, por sus características esta tecnología no debe usarse en áreas donde se carezca de una infraestructura capaz de evaluar de manera confiable y continúa la calidad atmosférica. Apoyada por la legislación correspondiente, que mantenga bajo control el efecto de la incineración de basura en el ambiente.

La incineración se utiliza ampliamente en Europa y Japón, especialmente en las áreas muy pobladas con espacios escasos para la colocación de un relleno sanitario (Hernández, 2007).

2.3.6.2 Pirólisis

Este es un proceso anaerobio del cual se pueden obtener algunos hidrocarburos. Consiste en separar la materia orgánica aplicándole calor directamente pero sin permitir la entrada de oxígeno con lo cual se puede transformar en gas metano, carbón y petróleo, de esta forma se puede identificar a la pirólisis como un proceso de gasificación de los elementos combustibles de los residuos sólidos en ausencia de oxígeno. En la pirólisis, los residuos orgánicos son destilados o vaporizados a la forma de gas combustible (CO, H₂O, metano etc.) en la cámara de combustión externa a fin de recuperar energía, y gas combustible (CO₂ y vapor) el nivel de carbón fijo en las cenizas de pirólisis se usa normalmente cuando los residuos tienen alto poder calorífico (más de 8000 KJ/Kg de agua contenida) (Origel, 2001).

Especialmente para la basura rica en papel y materias orgánicas, es un proceso endotérmico que con alta temperaturas y a falta de oxígeno logra que los residuos se transformen en diversos componentes: corriente gaseosa, alquitrán, acetona, metanol, entre otros (CICEANA, 2010).

2.3.6.3 Reciclaje

Los materiales desechados se pueden transformar en materia para la elaboración de otros productos, o simplemente se les puede buscar otros usos sin cambiar su composición física.

Reciclar significa que los desechos y desperdicios que genera el ser humano, debido a su forma de vida, vuelvan a ser integrados a un ciclo, ya sea industrial, natural o comercial. Los RU recuperables son el vidrio, el papel, el cartón y algunos plásticos. En México se estima que alrededor del 10% al 20% de los residuos sólidos son reciclados (CICEANA, 2010).

Todos los plásticos conocidos como termoplásticos son reciclables, ejemplo de ellos son el PET, el PEAD (Polietileno de alta densidad) y PEBD (Polietileno de baja densidad) los cuales son, además, los más recuperados en México y en el mundo, hay empresas como Ecología y Compromiso Empresarial, A.C. (ECOCE), dedicados al acopio y reciclaje de este material, lo cual facilita la cadena productiva del PET (SEMARNAT, 2003).

Los trabajadores del servicio de limpia separan materiales durante el barrido, la recolección y el transporte; luego los venden a centro de acopio y éstos a su vez a las industrias que los reciclan. Los subproductos recuperados son principalmente: cartón, envases de vidrio, plástico, aluminio, restos de cobre y latas (Origel, 2001).

Esta actividad, aunque menospreciada por muchos, es importante para la sociedad, ya que evita que toneladas de RSM aumenten en los basureros, y suministra casi en su totalidad las materias primas que deben ser recicladas en las industrias de papel plástico, fierro y vidrio (Florisbela y Wehenpohi, 2001).

2.3.6.4 Composteo

Se refiere a la fermentación de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos orgánicos, en presencia del aire por acción de bacterias, se utiliza como abono ya que contiene diversos nutrientes, con la realización de composta se evita la extracción clandestina de tierra de monte (Origel, 2001).

Las principales ventajas del composteo como proceso biológico son su bajo costo y que no produce sustancias tóxicas. Sus desventajas son que es más lento en comparación con los sistemas físico-químicos y en algunos casos es muy sensible a los cambios. Según IBUNAM en 1992 todos los factores ambientales que afectan cualquier actividad biológica (temperatura, humedad, aireación, pH y relación Carbono/Nitrógeno), afecta positiva o negativamente a los microorganismos y a los descomponedores, y por tanto también a la composta. Por lo tanto, el éxito de la composta es mantener estas condiciones en un óptimo nivel (Hernández, 2007).

Tres Estados han comprado plantas para producir composta (Guadalajara, Monterrey, Oaxaca) y DF han cesado sus operaciones por falta de mercado, altos costos de operación y mala calidad del producto terminado final por que los residuos orgánicos llevan otros materiales (plásticos, fierro, etc.) (Navarrete, 2005).

2.3.7 Disposición Final

La disposición final de residuos sólidos corresponde a la última fase del proceso que siguen estos después de su generación. Esta se ha orientado al depósito incontrolado de los residuos sólidos en lugares inapropiados, tales como: barrancas y cauces de ríos; lagos y lagunas, minas abandonadas, zonas pantanosas, áreas geológicamente inestables; pero también se depositan en tiraderos a cielo abierto, en enterramientos controlados y en rellenos sanitarios.

2.4 PROBLEMAS ASOCIADOS AL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Existen diversos tipos de contaminación derivados del manejo inadecuado, tratamiento y disposición final de los residuos, la incorrecta disposición de éstos tiene como consecuencia en el suelo, efectos no deseables como que los organismos vivos, presentes en el suelo, puedan ser inhibidos o eliminados, rompiendo con el equilibrio bioquímico del suelo.

Los compuestos químicos pueden ser transportados del suelo al aire o a los cuerpos de agua y de esta manera entrar en contacto en un área muy amplia con un gran número de organismos produciendo efectos adversos a la salud humana y a los ecosistemas (SEMARNAT, 2001).

De acuerdo con el diagnóstico presentado por el secretario de la conferencia de Naciones Unidas sobre el medio ambiente (CNUMAD, Río de Janeiro 1992) en el mundo se produjeron 720 mil millones de toneladas de residuos en 1992, de las cuales el 61% correspondió a los países industrializados y el restante 39% a los países en desarrollo, en los últimos treinta años hemos generado más desperdicios que en toda la historia de la humanidad (Origel, 2001).

La gestión de residuos sólidos se define como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, procesamiento y disposición final de residuos sólidos de una forma coherente con los principios de salud pública.

Se define la gestión integral de residuos sólidos como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de gestión de residuos y propone una jerarquía en la gestión de residuos sólidos municipales que comprende la reducción en el origen, el reciclaje, la transformación de residuos y los rellenos sanitarios (Monroy, 2006).

Los problemas ambientales asociados con la gestión inadecuada de los residuos sólidos se presentan en todas las etapas del proceso de limpieza urbana desde la generación, el almacenamiento, la recolección y transporte, transferencia, tratamiento y disposición final (Monroy, 2006).

La zona elegida para la disposición de los desechos sólidos es devastada, desapareciendo la capa vegetal originaria de la zona, lo que favorece la erosión del suelo, el cual una vez desnudo, aporta a la atmosfera. Gran cantidad de polvo, materiales inertes y microorganismos, ya que el viento levanta fuertes tolvaneras en esas zonas.

El suelo puede perder muchas de sus propiedades originales, como son friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad, intercambio catiónico, concentración de macro y micronutrientes, al grado de llegar a provocar serias deficiencias nutricionales o incrementos en los elementos que sobrepasan los niveles de toxicidad, por lo que se convierten en contaminantes peligrosos (López, 1990).

La contaminación de los suelos, a diferencia de la del aire y el agua, puede ser un proceso irreversible, que a su vez, causa contaminación en el entorno e indirectamente, facilita la introducción de tóxicos en la cadena alimentaria (Gutiérrez, 1990).

El depósito de los residuos sólidos en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, puede causar la erosión de suelos e impedir la recarga de acuíferos, la modificación de las características naturales de los sistemas de arroyos, la disminución de los cauces y durante la época de lluvia se provoca la obstrucción de los sistemas de drenaje y alcantarillado (Navarrete, 2005).

Como consecuencia directa de un vertido descontrolado aunado a las condiciones calurosas en la mayor parte del territorio mexicano y a las altas precipitaciones en la época

de lluvias, la población se expone a un alto riesgo debido a posibles infecciones y epidemias transmitidas por el aire, agua y vectores de fauna nociva.

El polvo y los residuos ligeros levantados por el viento, así como los materiales arrastrados por posibles escorrentías superficiales, pueden llegar a los terrenos de cultivo y caminos cercanos perturbando la actividad agrícola (Kiss y Encarnación, 2006).

En los basureros cuando entra el agua de lluvia y se mezcla con los residuos se producen lixiviados líquidos con sustancias orgánicas e inorgánicas incluso microorganismos los cuales pueden migrar a acuíferos y mantos freáticos.

El riesgo que puede tener el ser humano, radica en la ingestión del agua contaminada por los lixiviados, en el contacto directo que tenga con acuíferos, lagos y ríos, finalmente, en la bioacumulación de algunas sustancias como los metales pesados (plomo, cadmio, etc.) en peces o cualquier otro organismo de consumo humano que este en contacto con agua mezclada con los lixiviados (Navarrete, 2005).

Con la contaminación atmosférica suelen ocurrir incendios accidentales, al entrar en combustión las sustancias depositadas se pueden liberar compuestos químicos como dioxinas, metales pesados, óxidos de nitrógeno, material particulado y numerosos compuestos orgánicos volátiles (Greenpeace, 2004) consultado en (Monroy, 2006).

Asimismo, la agencia de protección ambiental de los estados unidos (USEPA), clasificó a los incendios a cielo abierto en los rellenos sanitarios como una de las 5 principales fuentes de dioxinas en los Estados Unidos (Monroy, 2006).

2.4.1 Efectos en la salud

La Environmental Research Foundation (1998) menciona que en un estudio realizado por el departamento de salud de Nueva York donde se analizaba la presencia de compuestos orgánicos volátiles en los gases emitidos por 25 rellenos, encontró tetracloroetileno, tricloroetileno, tolueno, 1,1,1-tricloroetano, benceno, cloruro de vinilo, xileno, etilbenceno, cloruro de metileno, 1,2-dicloroetano y cloroformo, compuestos en su mayoría cancerígenos y capaces de producir malformaciones que son transportados por el viento.

En México no existen investigaciones que puedan mostrar los efectos de vivir en los alrededores o en los rellenos sanitarios pero un estudio realizado por la organización panamericana de la salud (OPS) en 1993, muestra algunos de los efectos en la salud de personas que viven y trabajan en los tiraderos, se dice que el 14 % de las mujeres ha sufrido un aborto y 3% más de tres abortos, el 13% han perdido un hijo, 10% dos y 15% entre tres y siete; en cuanto a nivel de mortandad, el 68% de niños fallecidos se encontraban entre cero y tres años de edad y de estos el 73% murió por enfermedad y el 14% por accidentes.

Las muertes por enfermedad se refieren a que su sistema inmunológico no estaba bien desarrollado y los accidentes se refieren a descuidos de los adultos la esperanza de vida para este tipo de personas es de 53.22 años que comparados con los 72.8 años para la población en general de México, demuestra una diferencia de 20 años de vida (Monroy, 2006).

La quema de los residuos produce una severa contaminación porque algunos plásticos contienen diversos derivados del cloro o clorinas que al quemarse. Emiten dioxinas, furanos y ácido clorhídrico; estas moléculas son altamente tóxicas y están relacionadas con el debilitamiento del sistema inmunológico, afectando el desarrollo fetal y causando problemas en la piel.

Existe en el aire cada vez mayor cantidad de partículas de material fecal asociadas al problema de defecación al aire libre o la existencia de fauna doméstica, sino al aumento de los pañales desechables en los tiraderos incrementando las enfermedades respiratorias y digestivas.

Entre las principales enfermedades producidas por la acumulación de residuos se encuentran las enfermedades gastrointestinales referidas a las infecciones de estomago e intestinos, así como la amibiasis, cólera, diarrea, tifoidea, entre otras. El aire transporta millones de microorganismos de los residuos que al ser inhalados provocan infecciones en vías respiratorias como laringitis y faringitis.

Las enfermedades micóticas son frecuentes en las personas que se encuentran en sitios donde existe acumulación de residuos, esto propicia el desarrollo de hongos y bacterias que al estar en contacto con la piel provocan irritaciones e infecciones. La fauna nociva como los roedores que al consumir cultivos y alimentos almacenados, los contaminan; así también, las pulgas, moscas etc., son un factor importante en la transmisión de bacterias y virus que causan enfermedades como: la peste bubónica, la rabia u otras producidas por los hongos como la tiña (Origel, 2001).

2.5 FORMAS DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La disposición final del casi 50% de los residuos generados en el país, se lleva a cabo mediante la utilización de tiraderos a cielo abierto o en rellenos controlados, métodos que no cumplen con los requisitos técnicos para lograr una adecuada disposición de los residuos y el otro 50% en rellenos sanitarios en los cuales se disponen de manera adecuada.

2.5.1 Tiraderos a cielo abierto

Durante mucho tiempo los residuos sólidos se concentraron en "tiraderos a cielo abierto" sin pensar en los problemas de contaminación que causan. Un tiradero a cielo abierto es el depósito incontrolado de residuos sólidos directamente en el suelo, provocando la contaminación del aire, agua y suelo, como generando problemas de salud pública y marginación social (SEMARNAT, 2001).

Son zonas donde simplemente se acumulan los desechos sin recibir ningún tipo de tratamiento; ésta a sido la forma tradicional de acumulación de los residuos sólidos en esta ciudad; ejemplos de ello lo han sido: Santa Cruz Meyehualco al Oriente y Santa Fe al Poniente que fueron clausurados en 1983 y 1986 respectivamente y en la actualidad el tiradero de Santa Catarina situado también en la parte Oriente de la ciudad (López, 1990).

Actualmente ya no existen tiraderos de grandes magnitudes pero se reconoce la existencia de 565 acumulaciones de residuos sólidos que se localizan en la vía pública, en camellones, exteriores de mercados, lotes baldíos, espacios abiertos, parques, jardines en estos sitios se recogen diariamente 750 toneladas de residuos impactando a 227 colonias de 12 Delegaciones políticas (Origel, 2001).

2.5.2 Enterramiento controlado

En este método 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 desazolve del drenaje, de forma discontinua, para evitar parcialmente la dispersión de la basura (Leal *et al.*, 1995).

Consiste en disponer la basura en un área relativamente pequeña, dentro de algún sitio elegido para este fin, extenderla, comprimirla y cuando llegue a una altura de 2 metros aproximadamente, se cubre con tierra de alguna obra de excavación, o con el producto de desazolve de los tubos del drenaje (López, 1990).

En los años treinta, el Reino Unido inicio el establecimiento de un mecanismo en el cual los residuos se disponían en depósitos controlados. Y a principios de los años cuarenta Estados Unidos fue el primer país en emplear este tipo de depósitos en el continente americano. Las ciudades de New York y Fresno, fueron las pioneras en el uso y adopción de depósitos controlados para las grandes urbes (Monroy, 2006).

Ejemplo de estas formas de manejo de los desperdicios son: el tiradero de Bordo Xochiaca enclavado en la Ciudad Nezahualcóyotl, prados de la montaña al poniente de la ciudad cerca de lo que fue el tiradero de Santa Fe, el bordo poniente situado al noreste de la urbe, en la propiedad federal del lago de Texcoco. Este último presenta algunos avances en la materia, ya que cuenta con celdas de contención de los desechos que se van cubriendo tras cada jornada de trabajo y tiene, sistemas de captación de biogás, aunque no puede considerarse como un autentico relleno sanitario por no contar con sistemas para la captación de lixiviados (López, 1990).

2.5.3 Relleno sanitario

Es una de las opciones más eficaces en la disposición de residuos, estos son instalaciones en las que se aplican una serie de medidas para disminuir los efectos contaminantes de la concentración de desperdicios como son: la selección de terrenos con suelo de baja filtración, protección del suelo con material impermeabilizante, recubrimiento cotidiano con tierra sobre capa de desperdicios, instalación de tubos para salida de gases, captación de lixiviados, y control de animales nocivos. Trejo, 1994 define que un relleno sanitario es un método de disposición final más completo y de menor costo en inversiones que existe, siempre que se cuente con un terreno a bajo costo, es también uno de los métodos mas antiguos. SEMARNAT en el 2005, define como una obra de infraestructura que, siguiendo los requisitos que marca la norma oficial mexicana correspondiente, aplica métodos de ingeniería para evitar la contaminación del suelo, agua y aire que provoca la basura (Navarrete, 2005).

La sociedad norteamericana de ingenieros civiles, ASCE, define relleno sanitario como una técnica para disposición final de los residuos en el suelo, sin causar perjuicios al medio ambiente y, sin ocasionar molestias o peligros para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriendo los mismos ya depositados, con una capa de tierra con la frecuencia necesaria o por lo menos al fin de cada jornada (SEDESOL, 1998).

Normalmente se instala en un sitio con una depresión en el terreno que se cubre por una membrana impermeable inferior; con un sistema de recolección y tratamiento de líquidos lixiviados, un sistema de recolección y eliminación o aprovechamiento de biogás con una cubierta vegetal.

La membrana inferior generalmente está constituida por (PEAD) o de materiales naturales.

Los residuos se depositan en celdas que se cubren diariamente con material del mismo suelo y pueden o no contener una o más capas de arcilla, el sistema de recolección de líquidos consiste en drenajes emplazados en el fondo del relleno. El líquido ingresa por gravedad a drenajes debido a la inclinación del terreno y son dirigidos hacia la planta de tratamiento de líquidos.

La cubierta es una capa de impermeable que procura frenar la entrada de agua y así evitar la formación de mayor cantidad de lixiviados. Esta última está formada generalmente por una membrana plástica o una capa arcillosa, cubierta por una capa de arena o suelo impermeable, tapada a su vez por una capa de tierra fértil.

Existe un conjunto de tubos con perforaciones alrededor que se colocan en el relleno para permitir el venteo de biogás.

El fin del recubrimiento inferior es evitar todo contacto de los residuos sólidos con el suelo y las capas freáticas. Sin embargo tanto la capa arcillosa como el recubrimiento plástico pueden romperse; la arcilla es vulnerable a los químicos que están presentes en los residuos, como el benceno ya que por difusión puede atravesar una capa arcillosa de 91.4 cm en aproximadamente 5 años. También menciona que la membrana plástica es vulnerable a sustancias químicas que pueden encontrarse en los residuos urbanos, por ejemplo la naftalina.

Y otras sustancias no tan nocivas como la margarina, el vinagre o la grasa para zapatos pueden debilitarlo y finalmente romperlo, en un experimento mencionado por Environmental Research Foundation (1992) citado en Monroy 2006, que se llevo a cabo en Estados Unidos en 1990, se concluyó que las membranas de última tecnología de PEAD permiten el filtrado de líquidos lixiviados a una velocidad de alrededor de 200 litros por hectárea en un día, debido a las pequeñas perforaciones producidas durante la construcción, otro estudio realizado por la universidad de Wisconsin en 1991 demuestran que soluciones diluidas de solventes usados comúnmente, como tolueno, el tricloroetileno, el cloruro de metileno y el xileno penetran una membrana de 100 mm de espesor de PEAD en menos de dos semanas.

Los sistemas que captan lixiviados pueden presentar problemas, que se ha visto que pueden fallar por bloquearse con barro o fango, por el desarrollo de microorganismos en las cañerías por reacciones químicas que generan la precipitación de minerales en los caños o simplemente los caños ya debilitados por acción de los químicos pueden romperse por la presión de toneladas de desechos sobre ellos. También puede generarse contaminación a través de la cubierta protectora, la cual puede ser atacada por la erosión, raíces de arboles, animales y rayos ultravioleta (Monroy, 2006).

Se cuentan con 51 rellenos sanitarios en ciudades medias y zonas Metropolitanas: y 14 en localidades pequeñas de todo el país, que operan de forma satisfactoria.

En la frontera Norte del país se estima una generación de 199,000 ton/mes de residuos de las cuales se recolecta aproximadamente el 73%. De esta generación solo el 67.9% se deposita en rellenos sanitarios como son Tijuana, Nogales, Cd. Juárez y Nuevo Laredo entre otros. Lo que significa que 64,000 ton permanecen en tiraderos a cielo abierto (Navarrete, 2005).

2.5.3.1 Formación y aprovechamiento de biogás

Se realiza en dos fases: la primera aerobia que comienza en el mismo momento en que estos materiales se generan y durante la etapa de acumulación temporal en los sitios mismos de generación, los subproductos finales de esta descomposición son: el bióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3) y el agua (H_2O) (López, 1990).

En esta fase las reacciones de oxidación son generalmente exotérmicas por lo que la temperatura interna del relleno alcanza en corto tiempo temperaturas de 60 grados centígrados o más debido a ello un porcentaje importante de humedad se evapora, por lo tanto en esta fase, directamente del proceso de la descomposición aerobia prácticamente no se genera lixiviado (Kiss y Encarnación, 2006).

La segunda fase, o anaerobia tiene a su vez dos etapas, la primera, en la que no hay producción de metano y la segunda llamada metanogénica. En la primera etapa no-métanogénica en presencia de agua y enzimas bacterianas extracelulares se forman compuestos solubles de bajo peso molecular, tales como ácidos grasos, azúcares simples y aminoácidos, en la ruptura de estos compuestos solubles en ausencia de oxígeno, se produce H_2 , CO , NH_4 , H_2O , CO_2 , y ácidos orgánicos como el acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$).

En la etapa metanogénica, los principales gases producidos son el CH_4 y CO_2 . Estos compuestos se originan a partir de dos reacciones que lleva a cabo la bacteria *Methanobacterium sp* en la primera de estas reacciones, el CO_2 que se produjo durante la primera fase de descomposición por adición de hidrógeno formado en la fase no metanogénica, produce metano y agua.

1^{ra} reacción



La segunda reacción de este proceso se da por la adición de calor durante la fermentación y que alcanza los 70°C, donde se rompe la molécula de ácido acético y en presencia de agua da lugar a la formación de metano y bióxido de carbono (López, 1990).

2^{da} reacción



La materia orgánica se descompone en condiciones anaerobias más lentamente, en la descomposición anaerobia se produce cierta cantidad de lixiviado y cabe mencionar que en un sitio de disposición final pueden existir condiciones mixtas o bacterias facultativas que respondan a ambos ambientes, favoreciendo al mismo tiempo la descomposición aerobia y anaerobia.

El metano es explosivo en proporción 5 y 15% en la atmósfera, afortunadamente estas situaciones son poco probables en los sitios de disposición final ya que en el interior del relleno la concentración de metano normalmente está a un nivel mayor mientras que en el exterior debido al espacio abierto el riesgo se reduce considerablemente (Kiss y Encarnación, 2006).

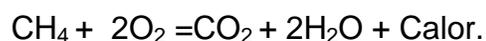
También se han encontrado otros gases que forman parte del biogás de los basureros, como son el etano, el propano, la fosfina el ácido sulfídrico, el nitrógeno y los óxidos nitrosos, todos estos compuestos son altamente tóxicos para la vegetación y para otros organismos que habitan el suelo, como los nemátodos (López, 1990).

En Salinas Victoria, Nuevo León, la empresa SIMEPRODESO tiene un proyecto diseñado para la generación de energía a partir del aprovechamiento de biogás, tiene una capacidad instalada de 7.4 mega watts, y se encuentra operando desde el mes de abril de 2003, la

energía generada se aprovecha en alumbrado público y bombeo de agua potable en la zona metropolitana de Monterrey y para las mismas instalaciones. De acuerdo con cálculos teóricos una tonelada de residuos sólidos urbanos puede generar hasta 223 metros cúbicos de biogás; un metro cúbico de biogás concebido en su totalidad mediante combustión es suficiente para generar 6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watts citado en (Kiss y Encarnación, 2006).

Hasta hace 5 años ningún municipio había intentado aprovechar el biogás como fuente de energía. Sin embargo en el estado de Nuevo León y el Distrito Federal se está estudiando la posibilidad de incorporar este sistema en su proceso de disposición final (Navarrete, 2005).

Aunque el crecimiento de las plantas no puede ser afectado por su exposición directa al metano; la oxidación del metano por bacterias consumidoras (*Methanotrophs*) es otro factor que contribuye a la deficiencia de oxígeno en el suelo, el oxígeno es consumido en la siguiente relación:



La liberación de calor durante la oxidación del metano aumenta la temperatura del suelo creando un potencial de asfixia para la planta; La generación del bióxido de carbono debido a la oxidación del metano puede ser perjudicial para el crecimiento vegetal particularmente en altas concentraciones (30 a 45%) (Mutasem *et al.*, 1997).

Otro efecto de una mala aireación del suelo es la reducción del potencial redox a un punto donde oligoelementos tóxicos pueden ser solubilizados y estar más fácilmente disponibles para las plantas (Leone *et al.*, 1980).

Un factor que afecta a la disponibilidad de oxígeno en el sustrato de los vertederos son el CO_2 y el CH_4 estos actúan como desplazadores del oxígeno (Lanfranco *et al.*, 1999).

2.5.3.2 Generación de lixiviados

Uno de los subproductos que se forman durante la degradación de la materia orgánica en las diversas fases, es el agua la cual participa en reacciones posteriores y además produce disolución de muchos de los compuestos ahí presentes también se le suma el agua de lluvia y en algunos sitios se une la procedente de mantos freáticos cercanos, y que llega a la superficie por capilaridad formando los lixiviados que tienen gran cantidad de compuestos orgánicos como inorgánicos, así como microorganismos, los lixiviados van a presentar un movimiento horizontal, es decir se van a desplazar a lo largo del terreno utilizado para el depósito de los desechos sólidos.

Escurriéndose además hacia las zonas aledañas, contaminando el suelo y dañando vegetación también puede observarse un movimiento vertical, que penetra en el subsuelo y en muchas ocasiones alcanza los mantos freáticos y acuíferos en algunos sitios de acumulación de desechos sólidos se observan afloramientos de los lixiviados, formando lagunas superficiales. En otros sitios estas lagunas no se pueden observar ya que dependen de la permeabilidad del suelo por ejemplo, en los basureros de Santa Cruz Meyehualco (antes de su clausura) y en el del Bordo de Xochiaca (actualmente). La laguna de lixiviados es evidente, pero en otros como el de Santa Fe no es observable en la superficie debido a que el suelo está compuesto de areniscas sumamente permeables, por lo que los lixiviados tienen un movimiento vertical, hacia las capas inferiores (López, 1990).

La capacidad de reacción de los materiales depositados a largo plazo va disminuyendo Las experiencias demuestran que el contenido de elementos contaminantes, o bien la agresividad de lixiviado cambia en el tiempo, manifestando generalmente un rápido incremento inicial y luego una lenta disminución (Kiss y Encarnación, 2006).

Los ácidos orgánicos formados en ciertas etapas de la descomposición contenidos en el lixiviado.

Como ácido acético, láctico o fórmico, disuelven los metales contenidos en los residuos, trasportándolos con el flujo de lixiviados. Entre los metales que pueden estar presentes se

encuentran: el arsénico, el cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel y otras sustancias químicas que se pueden encontrar en los lixiviados son los compuestos orgánicos sintéticos y alcoholes (Monroy, 2006).

Las sustancias químicas que contienen los residuos y que son absorbidas por el suelo son el mercurio, cadmio, el níquel de las pilas y similares que se disuelven en el agua (Origel, 2001).

La calidad de los lixiviados y biogás está asociada a los procesos de descomposición de los residuos, mientras que estos procesos dependen de diferentes factores internos y externos, entre los cuales se encuentran las condiciones climáticas y meteorológicas del sitio, las propiedades fisicoquímicas de los residuos dispuestos; la tecnología aplicada en la disposición final y la edad del relleno.

La tecnología aplicada en el sitio de disposición final afecta al desarrollo de los procesos de descomposición, influyendo en las condiciones ambientales prevalecientes, existen además algunas prácticas que consisten en re circular el lixiviado a la superficie del relleno con el objeto de acelerar los procesos de degradación en el cuerpo de los residuos y con el mayor aprovechamiento de la evaporación, cuya práctica incluso puede ser una opción para el tratamiento de este líquido altamente contaminante (Kiss y Encarnación, 2006).

Existen varias opciones para el tratamiento de lixiviados y la selección depende de la caracterización final del lixiviado. Las opciones pueden ser descargar a una planta de tratamiento de lixiviados (por ejemplo una laguna de evaporación) o recirculación a las celdas del sitio de disposición final. Este último procedimiento tiene el beneficio de acelerar la estabilización de los materiales orgánicos presentes, aunque no elimina la necesidad final de tratamiento, aunado a que existen límites físicos para la absorción de líquidos por el cuerpo de los residuos sólidos. En la práctica, es común la combinación de tratamiento y recirculación de lixiviados.

Los sitios utilizados como rellenos sanitarios, una vez clausurados y acondicionados, pueden ser utilizados como parques y, jardines botánicos y áreas de estacionamiento. Sin embargo, el uso final de estos sitios como áreas verdes es lo más común.

Las características deseables de la vegetación que se coloca sobre la última capa de tierra vegetal son: raíces poco profundas, de rápido crecimiento, resistentes al biogás, capaces de soportar la falta de agua y que se extienda horizontalmente sobre el área algunos pastos que cumplen con estas características son: *Agrostis stolonifera*, *Andropogon scoparius*, *Bromus inermis*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra* (SECRETARIA DE ECOLOGIA, 2002).

2.6 MARCO JURÍDICO EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los temas de residuos sólidos urbanos, son contemplados por varios sectores de la administración pública federal, y los tres órdenes de gobierno: federal, estatal, y municipal tiene sus respectivas atribuciones.

Las leyes, reglamentos en materia de residuos sólidos municipales, y peligrosos, varia, y en muchas características es discordante con la actualidad, ya que no se ha ajustado a esa complejidad que es cambiante.

Los temas referentes a residuos sólidos municipales, en realidad son abordados por varios sectores de la administración pública federal; dichos temas están contemplados en el sector "Medio Ambiente", cuya cabeza es la SEMARNAT sin embargo, también se pueden encontrar en los sectores desarrollo urbano, salud, comunicaciones y transportes, economía, trabajo y previsión social, etc.

Existen alrededor de diez Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el tema del manejo y el confinamiento de residuos peligrosos y sólidos municipales, éstas sin considerar la gran cantidad que están expidiendo las autoridades sanitarias, de trabajo y de transporte.

Todas esas Normas Oficiales Mexicanas y algunos proyectos en discusión son expedidas por autoridades federales con base en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

México cuenta a nivel federal con un marco jurídico general para la prevención y gestión integral de los residuos, que se sustenta en la constitución política de los estados unidos mexicanos, este marco incluye a la ley general para el equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos.

Los reglamentos correspondientes, así como las normas oficiales mexicanas que se aplican en todo el territorio, el marco legal en las entidades federativas se encuentra en desarrollo con la creación de nuevas leyes estatales o la modificación de las legislaciones ambientales existentes y la elaboración o modificación de las regulaciones municipales correspondientes (SEMARNAT, 2007).

En el año de 1992 se llevó a cabo la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y desarrollo en Río de Janeiro, en la cual se abordó el tema de residuos sólidos. Los objetivos propuestos fueron: reducción al mínimo de los residuos, reutilización y el reciclado de los residuos, promoción de la eliminación y ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los residuos.

2.6.1 Constitución de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, creada en 1917 y modificada en 1987, menciona que corresponde a los municipios prestar todos los servicios relacionados en el manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos, establece la posibilidad para que la federación y los Estados convengan la asunción de funciones respecto de la prestación de servicios públicos. Fundamenta las políticas mexicanas en materia ambiental; establece que el país tiene el derecho de controlar el desarrollo para proteger los recursos naturales y define las competencias de los estados.

En lo que se refiere a los residuos sólidos, la constitución mexicana señala en el artículo 115, que los estados adoptaran, con base en su división territorial, política y administrativa, el municipio libre teniendo este a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: a) limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos y b) autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales. Queda claro que la constitución confiere la responsabilidad del manejo y control de los residuos sólidos urbanos o municipales (no peligrosos) a los mismos municipios.

2.6.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

El principal estatuto jurídico del medio ambiente es la LGEEPA que establece las reglas y los principios que se deben seguir en este caso en específico: así mismo dispone las responsabilidades que le competen a la federación, a los estados, a los municipios y al Distrito Federal en cuanto al tratamiento de los residuos sólidos. En cuanto a las responsabilidades de los niveles gubernamentales respecto al manejo de residuos sólidos.

En lo que se refiere a las competencias de la federación en cuanto al manejo de residuos sólidos se señala, que tiene la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en la ley.

Entre ellas se encuentra por supuesto el manejo de residuos sólidos. Teniendo a la federación como responsable del control de los residuos peligrosos. En lo que respecta a los Estados, tienen la función de regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos.

Respecto de las reglas específicas para el manejo de residuos sólidos municipales, se deja a los Estados y Municipios en posibilidad de que establezcan sus regulaciones al respecto.

Situación diferente se presenta en el caso de los residuos peligrosos pues la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente ya que tiene un Reglamento al respecto.

2.6.3 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

Es de rango federal, fue aprobada en octubre de 2003, y entró en vigor en enero del 2004 sus disposiciones son de orden público y de interés social.

El objetivo de esta ley es garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado, propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización, la gestión integral de los residuos peligrosos, los residuos urbanos y de manejo especial, prevenir la contaminación de sitios y llevar a cabo su remediación a si como establecer las bases para el análisis de los residuos sólidos municipales.

En esta ley se establece que las autoridades de los tres órdenes de gobierno, que en el ámbito de sus respectivas competencias, integran el sistema de información sobre la gestión integral de los residuos que contendrá la información relativa a la información local, los inventarios de residuos generados y la infraestructura disponible para su manejo entre otros dicho inventario integrara también, la información proporcionada por los generadores en los formatos correspondientes.

2.6.4 Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal

(Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 22 de abril de 2003)

La presente Ley es de observancia en el Distrito Federal, sus disposiciones son de orden público e interés social, y tiene por objeto regular la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos, así como la prestación del servicio público de limpia.

Se establecen la responsabilidades que tiene la persona generadora de residuos sólidos, menciona que los residuos sólidos deben separarlos los generadores, en orgánicos e inorgánicos y los residuos de manejo especial deberán separarse donde se generen.

La Secretaría de Obras y Servicios diseñará el sistema de transferencia, selección y tratamiento de los residuos sólidos. Los residuos sólidos que no puedan ser tratados por medio de los procesos establecidos por esta Ley, deberán ser enviados a los sitios de disposición final. También menciona cuales son las responsabilidades que tiene las personas que produzcan contaminación de suelo por manejo y disposición final de residuos.

2.6.5 Ley Ambiental del DF

(Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 13 de enero del 2000).

Muchas de las prohibiciones en esta ley son las mismas para la ley de residuos sólidos del Distrito Federal en esta ley prohíbe: La mezcla de residuos peligrosos con residuos sólidos o industriales no peligrosos, el transporte inadecuado de desechos sólidos e industriales no peligrosos.

2.6.6 Normas Oficiales Mexicanas

Para sustentar los reglamentos se expiden las normas oficiales mexicanas (NOM), cuya expedición es de competencia federal, caso que también se aplica al manejo de los residuos sólidos.

En relación al manejo de residuos peligrosos su clasificación se lleva a cabo a través de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico-infecciosa (CRETIB) establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005 lo anterior indica que el poder legislativo federal considero procedente que, además de la intervención de las autoridades locales previstas en la constitución, también debería participar el gobierno federal cuando se trata de proteger al ambiente, a través de la posibilidad de expedir reglas técnicas obligatorias relativas al manejo integral de residuos sólidos, que deben ser observadas en forma adicional a las que expidan las autoridades locales.

El gobierno federal a través de la Secretaria del Desarrollo Social realiza acciones para apoyar el fortalecimiento de los servicios municipales en materia de manejo integral de residuos sólidos.

En particular en lo que se refiere a la recolección, transferencia, tratamiento y disposición final, a fin de reducir sus efectos ambientales y minimizar los riesgos a la salud publica. A la vez dentro del contexto de la protección al ambiente en relación con el manejo de los residuos, también se concedió al gobierno federal la atribución de la regulación y el control de la generación, manejo y disposición final de residuos peligrosos para el ambiente y los ecosistemas.

2.6.7 NOM-083-SEMARNAT-2003

Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que no sean aprovechados o tratados, deben disponerse en sitios de disposición final; en esta norma, los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día, como se establece en la siguiente tabla.

Tabla No. 1 Categorías de los sitios de disposición final

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DIA
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

- Estudios y análisis previos requeridos para la selección del sitio. Estudio geológico, estudios hidrogeológicos.

Estudios y análisis, en el sitio, previos a la construcción y operación de un sitio de disposición final: a) estudio topográfico b) estudio geotécnico, evaluación geológica c) evaluación hidrogeológica.

Estudios de generación y composición: generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, generación de biogás, generación del lixiviado.

Tabla No. 2 de estudios y análisis previos requeridos para la construcción de sitios de disposición final.

Estudios y Análisis	A	B	C
Geológico y Geohidrológico Regionales	X		
Evaluación Geológica y Geohidrológica	X	X	
Hidrológico	X	X	
Topográfico	X	X	X
Geotécnico	X	X	X
Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial	X	X	X
Generación de biogás	X	X	
Generación de lixiviado	X	X	

(NOM 083, SEMARNAT, 2003)

2.6.8 Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004

La presente norma ambiental para el Distrito Federal establece la clasificación y especificaciones de manejo de los residuos de la construcción para optimizar su control, fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada es de aplicación obligatoria en todo el territorio del Distrito Federal para los generadores de los residuos de

la construcción y prestadores de servicio que intervienen en su generación, recolección, transporte, aprovechamiento o disposición final. Es importante comentar que los residuos sólidos de construcción son de manejo especial y en México tiene poco tiempo en que se les está dando importancia su reutilización ya que representa un gran problema.

Convenios Internacionales

En el marco multilateral, México ha firmado convenios sobre residuos como el de Basilea, promovido y coordinado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Existen otros convenios previos en los que México ha participado, como son:

El convenio de Londres sobre vertimientos, 1972. En el cual se adopta un enfoque "precautorio", que establece como norma la prohibición de los vertimientos de residuos peligrosos al mar.

El programa de Montevideo, 1981, planteado en la reunión de expertos en derecho ambiental, adoptado mediante la decisión 10/21 del consejo de administración del (PNUMA) del 31 de mayo de 1982. Entre las tres áreas identificadas para el desarrollo de sus directrices se encuentran los temas de transporte, manejo y eliminación de desechos tóxicos y peligrosos.

El convenio para la protección y el desarrollo del medio marino en la región del gran Caribe, adoptado por adoptado por la Conferencia Intergubernamental sobre el Plan de Acción del Programa Ambiental del Caribe, reunida en Cartagena de Indias Colombia, en 1983. Sus proyectos de protocolos tratan sobre movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y sobre fuentes terrestres de contaminación marina.

El acuerdo de la paz fue firmado por Estados Unidos y México en 1983 y regula el movimiento transfronterizo de desechos y sustancias peligrosas entre los países. Establece que el país exportador debe solicitar el consentimiento por escrito del país importador antes

de iniciar la exportación. También se establece que los residuos peligrosos generados por materiales admitidos por cualquiera de los dos países para su procesamiento serán retornados al país de origen, como es el caso de los residuos generados por la industria maquiladora.

Asimismo, señala que cuando se cause daño a los ecosistemas por el inadecuado manejo de los residuos, estos deberán ser restaurados, además de que mediante compensación se deberá restituir los daños causados a personas, propiedades y el medio ambiente (Jiménez, 2001).

2.7 ESTABLECIMIENTO DE LAS ESPECIES VEGETALES

Definimos establecimiento cuando la especie tiene un alto grado de sobrevivencia, y puede desarrollar buenas características morfológicas, a pesar de las condiciones ambientales y aunque la relación suelo-planta no sea óptima.

El éxito de establecimiento de la cubierta vegetal en áreas degradadas, no es un proceso aislado, sino que depende de una apropiada selección de especies vegetales y las condiciones del suelo; estas limitan el desarrollo de las especies vegetales (Rondón y Vidal, 2005).

Los factores que pueden impedir el establecimiento son comunes: la existencia de factores microclimáticos específicos del lugar de plantación y potencialmente perjudiciales para la misma, la competencia vegetal, los daños producidos por animales, el uso de procedimientos de plantación incorrectos o el empleo de la planta fisiológicamente inadecuada (Birchler *et al.*, 1998).

Antes de intentar cualquier acción de selección de especies, se recomienda estudiar e intentar usar la sucesión vegetal como forma inicial o primaria de revegetación en sitios

perturbados y emplear la implantación (siembra y trasplante) únicamente como métodos secundarios.

Se recomienda que primero se establezca una cobertura estabilizadora del terreno usando una diversidad de especies herbáceas nativas o naturalizadas. En suelos arenosos, se sugiere el uso de especies herbáceas de macolla, mientras que en suelos arcillosos, especies con rizomas. Una vez establecida la cubierta del terreno, una variedad de especies leñosas con tasa diferente de crecimiento y tamaño deben introducirse (Rondón y Vidal, 2005).

De manera general, la vegetación seleccionada debe cumplir con ciertos atributos que permitan la protección de las vertientes de los procesos erosivos, a través de la fijación del suelo, aumento de la evapotranspiración e incrementar la retención y retardación del flujo superficial. Para esto, es necesario que posea características morfológicas y ecofisiológicas como: propagación sencilla y rápida, rápido crecimiento, preferiblemente especies autóctonas, especies rústicas (pioneras e invasoras), poco exigentes a la calidad del sitio, que requieran mínimas labores de mantenimiento, resistencia a las plagas y enfermedades, que sean poco palatables, en algunos casos que ofrezcan alguna utilidad a las comunidades, resistencia al fuego y recuperación rápida después de los incendios (Rondón y Vidal, 2005).

La capacidad para desarrollar un sistema de raíces poco profundas pueden ser uno de los factores decisivos en la capacidad de adaptación de los árboles a las condiciones de los vertederos. Los que son más capaces de trasladar sus sistemas radiculares a un mayor nivel de suelo pueden evitar el contacto con gases tóxicos (Leone *et al.*, 1980).

Debe tratarse también en lo posible de plantas perennes, para que cubran la superficie durante todo el año, y de esa manera disminuir posibles incendios debido a la presencia de partes secas. En cuanto a las plantas preferentemente deben tener la capacidad para extenderse horizontalmente y cubrir mejor posible la superficie y de esta forma mantendrá

mejor la humedad del sustrato en beneficio de las plantas; en ambientes con sequía y escasas de agua se recomiendan plantas suculentas que sus hojas son carnosas por que reservan agua; el *Kalanchoe* y la *Crassula* que desarrollan embriones vegetativos sobre sus hojas, lo que incrementa la probabilidad de propagación a su alrededor (Briz, 1999).

Las estrategias de propagación de las plantas, determinan la capacidad de la cubierta vegetal para auto-repararse después de algún daño. Las plantas con medio de propagación vegetativa, como estolones, rizomas o brotes de raíz, son medios más vigorosos y rápidos en la colonización de nuevas zonas que las que se propagan por semillas (Rondón y Vidal, 2005).

Ya cuando se tengan elegidas a las especies que se introducirán, la plantación es preferible en una primavera, aunque sea tardía, porque así tienen las plantas un margen amplio de tiempo para crecer y resistir a las heladas; aunque puede ser en cualquier época del año siempre y cuando exista un mantenimiento permanente (Briz, 1999).

Es importante que las plantas contengan suficiente humedad en el momento de la plantación y que esta se realice en la época adecuada, normalmente justo antes que se alcancen las condiciones favorables para el crecimiento (Birchler *et al.*, 1998).

Se consideran varios tipos de plantas en función de la estrategia básica de respuesta y adaptación a intensidades variables del estrés ambiental (disponibilidad de agua, luz, nutrientes, etc.) y el grado de perturbación debido a los agentes externos (actividades humanas, herbívoros, agentes patógenos, erosión, fuego, etc.).

Especies pioneras: son las primeras en establecerse y formar una comunidad herbácea dominada por gramíneas de carácter sucesoral. Crecen rápidamente y tiene una alta tasa de reproducción; siendo además muy competitivas en condiciones ambientales muy favorables.

Plantas competidoras: explotan condiciones de bajo estrés ambiental y bajo nivel de perturbación, pero donde muchas especies compiten por los recursos disponibles (Rondón y Vidal, 2005).

2.8 ESTRÉS

Cuando una planta está sometida a condiciones significativamente diferentes de las óptimas para la vida se dice que está sometida a estrés, las especies difieren en sus requerimientos óptimos y por tanto en su susceptibilidad a un determinado estrés. Además, hay periodos o etapas del desarrollo, como el estadio de plántula, donde pueden ser particularmente sensibles (o insensibles) a un estrés determinado (Valladares *et al.*, 2004).

Una manera de observar el grado de estrés en una planta es por medio de su vigor, en la figura 2 se muestra el vigor de una planta cualquiera en función de un gradiente de contaminación.

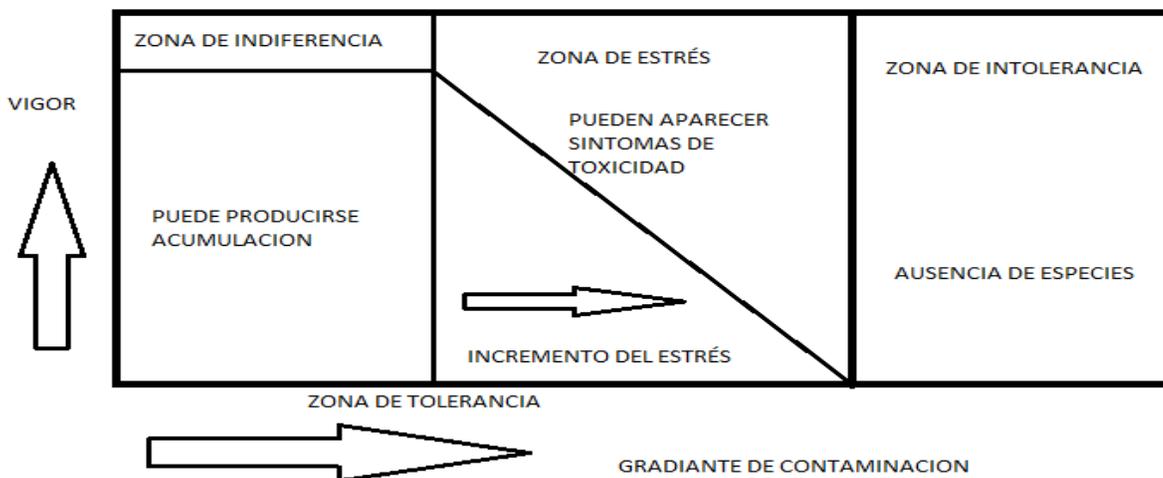


Figura no. 2: Vigor de una planta cualquiera en función de un gradiente de contaminación. Cuando las concentraciones son menores que un cierto umbral, la planta mantiene su vigor constante (zona de indiferencia); cuando la concentración alcanza ese umbral la planta

comienza a sufrir estrés y su vigor declina (zona de estrés); por encima de un umbral de concentración la planta muere (zona de intolerancia).

El estrés ambiental reside en cualquier alteración de las condiciones ambientales que pueda reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta (en su funcionamiento normal) (Ederra, 1996).

2.8.1 Tipos de estrés

Dependiendo del factor que dañe a la planta se han clasificado los tipos de estrés.

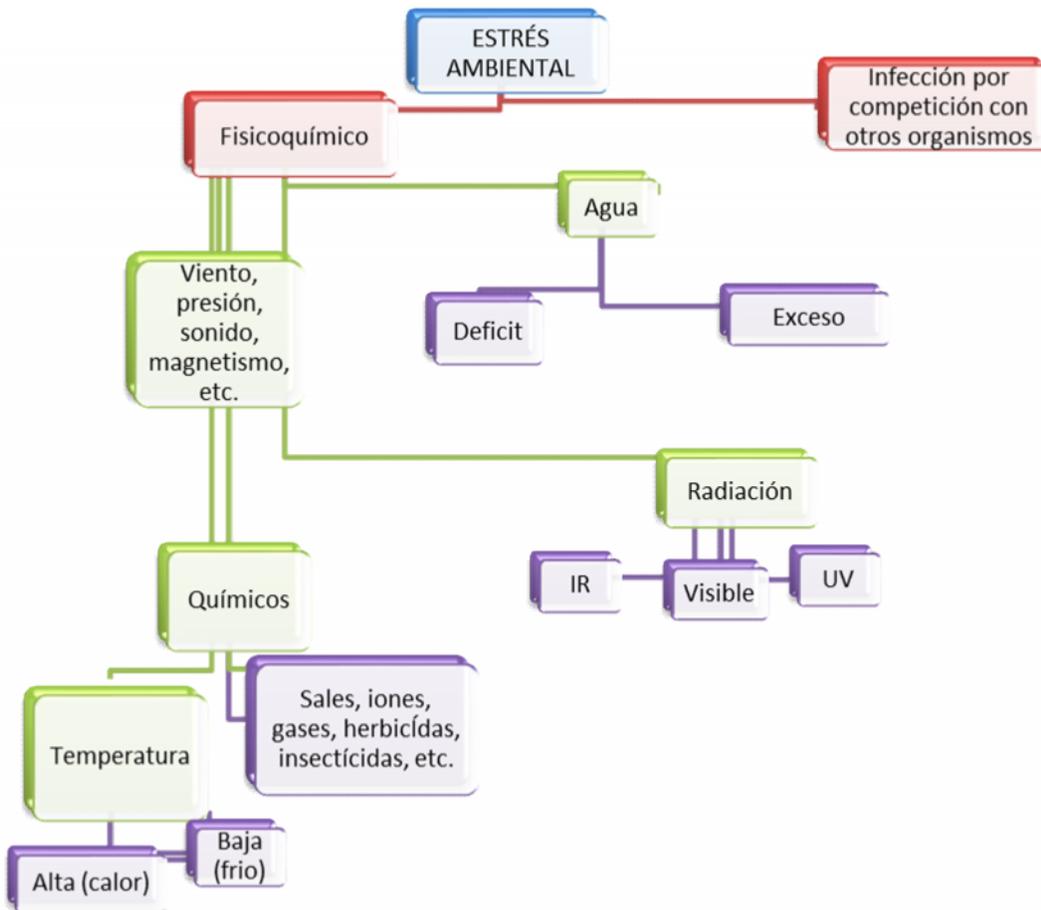


Figura No. 3: Tipos de estrés ambiental (Kozlowski, 1980).

2.8.1.1 Estrés hídrico

Se ha definido como cualquier factor capaz de inducir la tensión potencialmente dañina en plantas y células, esto puede ser reversible o irreversible (Fitter y Hay, 1991).

En el vivero se produce la manipulación del estado hídrico de la planta. Los factores que influyen en la absorción de agua, tales como distribución y longitud de raíces, superficie, permeabilidad y viabilidad, están a su máximo; pero cambian drásticamente después de los procesos de extracción, manejo, repicado, almacenaje y plantación, el sistema radical pierde sus elementos más permeables, que son las raicillas no suberizadas, por lo tanto, las plantas recién puestas son susceptibles al estrés hídrico, siendo el restablecimiento entre el contacto entre raíz y suelo y el inicio de la absorción de agua los factores críticos que determinan la supervivencia a corto plazo; y para que esto se produzca, se debe reiniciar el crecimiento radical (Birchler *et al.*, 1998).

El exceso de agua en el suelo compromete la aireación y puede afectar la respiración radicular (Briz, 1999).

Las plantas pueden sufrir deficiencia de un elemento que se halla actualmente en el suelo en cantidades adecuadas si se agota el suministro de oxígeno; también es posible que las plantas se marchiten con las raíces hincadas en suelo saturado de agua (Thompson y Troech, 1982).

Algunas respuestas al estrés por falta de agua son: el desprendimiento de las hojas, menor producción de área foliar, la disminución del crecimiento del tallo, aumento del crecimiento de la raíz o a ambos y el cierre de estomas la cual dará como resultado la pérdida reducida de agua y la fotosíntesis reducida (Christiansen y Lewis, 1987).

Si una planta pierde agua porque la transpiración es superior a la absorción, se origina de modo gradual un déficit que tiende a ocasionar el cierre de los estomas (Sutcliffe (b), 1979).

Se refiere a una condición ambiental debida al exceso o falta de agua, esta es expresada por la cantidad de agua disponible para una planta comparada con sus máximos requerimientos (Salisbury, 1996).

2.8.1.2 Estrés térmico

Tanto las altas como las bajas temperaturas afectan el funcionamiento de las membranas alterando la permeabilidad del agua. Las altas temperaturas alteran los procesos fisiológicos al provocar una desnaturalización de las enzimas y de algunas estructuras celulares. Las altas temperaturas también disminuyen la capacidad del suelo para retener agua, afectando a las plantas (Olivares *et al.*, 2002).

La temperatura influye sobre muchos procesos esenciales del crecimiento de las plantas, entre los que se incluye la mayoría de las reacciones. Generalmente cuanto mayor sea la temperatura, mayor será el índice de reacción, la fotosíntesis es más lenta a temperaturas más bajas, pero a medida que la temperatura va ascendiendo, el índice de reacción se va incrementando hasta un punto determinado. Este proceso varia con la planta. Las funciones del crecimiento vegetal y los índices de absorción de los minerales y el agua, vienen determinados por la temperatura (Parker, 2000).

La temperatura óptima de supervivencia para la mayoría de los organismos, oscila 5 - 40 °C, el incremento de este parámetro afecta el metabolismo y el crecimiento de las plantas, sin embargo, el intervalo varía de especie a especie. Cuando la temperatura del sustrato aumenta la tasa de evaporación haciendo que las plantas sufran con mayor frecuencia una situación de estrés hídrico (Sutcliffe (a), 1979).

Las respuestas a las altas temperaturas están estrechamente relacionadas con el estado de hidratación de las plantas (Christiansen y Lewis, 1987).

A elevadas temperaturas, las hojas de la planta tienen una mayor propensión a las quemaduras y a la desecación (Parker, 2000). El marchitamiento, la quema de hoja, el doblamiento o abscisión foliar, son los primeros indicadores del daño causado por las altas temperaturas. Con pocas excepciones, las plantas no presentan un crecimiento significativo a temperaturas inferiores al punto de congelación, los procesos metabólicos se han interrumpido y es evidente que el crecimiento ha cesado (Christiansen y Lewis, 1987).

Algunos efectos de esta coinciden con los efectos de la sequía, en donde existe una alta evaporación.

Las plantas más que otros organismos responden a las altas temperaturas con un grado de adaptación, presumiblemente resultado de un desarrollo bioquímico y un cambio estructural, permitiéndole adaptarse a las condiciones de estrés (Steward, 1991).

2.8.1.3 Estrés nutrimental

Las plantas sometidas a estrés nutrimental, responden en forma integral, pero las raíces presentan respuestas morfológicas, bioquímicas o fisiológicas para reducir daños en la planta. La tolerancia y evasión son dos clases de estrategias de adaptación de las plantas a condiciones edáficas adversas.

En suelos ácidos las estrategias agrupadas como mecanismos de evasión son más comunes (variación de pH en rizosfera, liberación de quelantes, alta actividad de ectoenzimas e incremento de volumen radicular). Se puede generalizar que ante deficiencia de fósforo y nitrógeno, las raíces manifiestan aumento de longitud y una menor ramificación.

Cada especie tiene unos requerimientos particulares de nutrientes que permitirán un crecimiento y un vigor óptimos; estos requerimientos no son constantes y cambian según las plantas crecen y se desarrollan (Birchler *et al.*, 1998).

Las plantas con deficiencias minerales con frecuencia están muy debilitadas y son más susceptibles a las enfermedades, los insectos y al daño físico (Christiansen y Lewis, 1987).

La mayor dificultad que experimentan las plantas que se desarrollan sobre suelos alcalinos es la de no absorber cantidades suficientes de hierro, manganeso y boro y quizás otros oligoelementos por una parte y fosfatos por la otra porque los elementos están en una forma insoluble lo que impide que las raíces puedan absorberlos, y por lo tanto presenten deficiencia de hierro observándose la clorosis (Russell y Russell, 1968).

2.8.1.4 Estrés por presencia de metales pesados tóxicos

Los metales pesados generalmente restringen el crecimiento de las plantas, potencialmente limitan la absorción de los nutrimentos. No obstante no inhiben directamente el proceso de asimilación, excepto cuando existe una competencia entre elementos químicamente similares como son por ejemplo el plomo y el calcio (Money *et al.*, 1991).

Los metales pesados pueden ser incorporados a la planta mediante absorción radicular o a través de absorción foliar, pueden influir en uno o varios de los siguientes mecanismos bioquímicos: interfiriendo en la función enzimática, formando un precipitado estable o un quelato con un metabolito esencial, catalizando su descomposición, alterando la permeabilidad de las membranas, sustituyendo una estructura o un elemento importante en la célula (Briz, 1999).

Se ha demostrado que ciertos metales reemplazan a otros en funciones específicas de desarrollo vegetal. Generalmente, el elemento reemplazante actúa con menos eficacia o inhibe el proceso enzimático ocasionando daños de leves a letales (Bidwell, 1979).

2.8.1.5 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 y tasa de elongación. La salinidad afecta el balance nutricional de la planta, es decir, cuando el pH se incrementa reduce la solubilidad y disponibilidad de los nutrimentos esenciales (Rendind y Howard, 1989).

2.9 BIOLOGÍA DE LAS ESPECIES

2.9.1 Clasificación taxonómica de *Nerium oleander* (Rosa laurel)

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Gentianales
Familia: Apocynaceae
Subfamilia: Apocynoideae
Tribu: Wrightieae
Género: *Nerium*
Especie: *Nerium oleander*, L. (Niembro, 1990; IPNI, 2010).



Figura No. 4: *Nerium oleander* testigo FES Zaragoza

2.9.1.1 Descripción:

Planta arbustiva perenne de crecimiento rápido que se puede formar como árbol de porte pequeño.

Origen región mediterránea, Asia templada, Japón, originariamente se encontraba del mar Mediterráneo hasta China. Hoy en día se encuentra en muchas zonas de clima templado árido, frecuente tanto en Argentina como en California y en Australia.

Crece desde el nivel del mar hasta unos 1200m de altitud, resiste las heladas y puede vivir en la sombra, aguanta bien los periodos prolongados de sequía, prefiere pleno sol.

Características forma ovoidal de follaje compacto y desordenado, es venenoso en todas sus partes: hojas, flores, tallos, ramas y semillas. Tallos verdes que con el tiempo pasan a grises, laxos.

Hojas persistentes de color verde parduzco, en grupos de tres (a veces de 2 o 4), lanceoladas, coriáceas, opuestas o alternas, simples y enteras de 10 a 20 cm de largo; color verde oscuro opaco por encima, mas pálidas y con nervio central prominente por debajo.

Flores blancas, rojas, rosadas o naranjo amarillentas, de unos 5cm de ancho, a menudo dobles según las variedades hortícolas, con cáliz glanduloso y profundamente dividido en 3 sépalos, las flores pueden tener una o dos capas de pétalos, lo que les da aspecto simple o compuesto, formando ramilletes en el extremo de las ramas, que son bastante delgadas y largas, erectas.

Flor: dispuestas en corimbos terminales con corola simple o doble formada de cinco pétalos inclinados hacia el lado derecho. Floración a principio de verano y a finales de verano.

Fruto alargado y seco (folículo leñoso), que liberan semillas plumosas. Existen más de 400 variedades de cultivo, algunos con flores olorosas, que se diferencian por el color de la flor: blanco, crema, rosa, rojo, púrpura, amarillento, salmón, cobre; por el tipo de flor: sencilla, doble, plena; por tener las hojas variegadas etc. Propagación: por acodo en mayo o por esqueje en verano (Niembro, 1990; IPNI, 2010; Chanes, 2006; COCODA, 1986).

2.9.2 Clasificación Taxonómica *Populus alba* (Álamo plateado)

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Malpighiales
Familia: Salicaceae
Género: *Populus*
Especie: *Populus alba*, L. (Bailey, 1951; IPNI, 2010).



Figura No. 5 *Populus alba* testigo FES Zaragoza

2.9.2.1 Descripción:

Origen centro y sur de Europa, Asia menor. Se distribuye naturalmente al oeste del Mediterráneo (Francia, Italia, Marruecos, España), en el centro y este de Europa; en el oeste y centro de Asia (los Balcanes, Turquía, Turquestan), y el norte de África.

Árbol caducifolio corpulento de forma redondeada y rápido crecimiento y corta vida de hasta 30m de altura, numerosas raíces secundarias largas que emiten multitud de renuevos.

Corteza fistulada es de color gris verdosa a blanca lisa y con numerosas lenticelas romboidales en ramas y troncos jóvenes, más oscura en la base, con las cicatrices negruzcas y agrietadas de antiguas ramas, copa ancha, irregular, ramillas y brotes tomentosos.

Hojas caducas, simple, alterna, oval, palmeada o acorazonadas de borde dentado; color verde oscuro por encima cubiertas en el envés de una capa densa de pelos a fieltros de color blanquecino, con 3 a 5 lóbulos burdamente dentados, de 6 a 10cm de largo y casi lo mismo de ancho.

Hojas tomentosas en las dos caras y en el pecíolo, hojas variables en los brotes, blancas de jóvenes, limbo muy polimorfo.

Hojas de las ramillas redondeadas o aovadas, poco lobuladas, con menos tomento. amentos colgantes. Los masculinos de 3-6 cm de longitud lanosos, los femeninos más largos y delgados, e otoño la coloración es marrón o amarillenta.

Foliación a principios de primavera y finales de otoño, son pecioladas, de margen sinuado-dentado o como lóbulos pequeños adicionales con base de redondeada a subcordada.

Flores: nacen en amentos colgantes laterales, las flores pistiladas son de color amarillo verdoso, miden aproximadamente 5 cm; son delgadas con 2 estigmas, cada uno partido en dos, las estaminadas son rojizas de 4 a 10 cm bordeadas con largos pelos y con 6 a 10 estambres generalmente nacen antes de que broten las hojas.

Las flores masculinas son grandes y rojizas, en amentos colgantes, flores femeninas son de color amarillo-verdoso sobre pies separados, florece de febrero a abril, normalmente antes de que broten las hojas.

Fruto y semillas: Fruto en cápsula bivalva, ovoidea y lampiña. de 0.3 a 0.5 cm de largo, tomentosa, semillas diminutas y numerosas con un mechos de largos pelos sedosos y blancos.

Propagación: En México sus semillas son infértiles, por lo que se propaga por esquejes o por surculos (hijuelos) desarrollados a partir de las raíces, los cuales se pueden trasplantar.

Exigencias es rústico en cuanto a condiciones de temperatura y de suelos, pero vive mejor en sitios bajos y suelos húmedos, crece en suelos frescos, ricos (pero no tiene grandes requerimientos en cuanto al tipo de suelo, pudiendo vivir en suelos pobres calcáreos) y húmedos en las proximidades de los ríos. Además, son capaces de crecer en un suelo

arenoso costero soportando eventuales encharcamientos por agua de mar en su sistema radicular, es muy resistente a la sequía.

Se adaptan a texturas arcillosas, limosas y arenosas, requiere de suelos bien drenados y tolera cierto grado de alcalinidad o acidez en suelo o agua. Soporta bien el frío y los calores excesivos con tal de tener aprovisionamiento de agua, le favorecen los climas muy cálidos, resiste altas temperaturas y la sequía, pero puede ser afectado por inviernos muy fríos, los vientos fuertes pueden romper sus ramas, sobre todo en el punto de unión entre ellas o el tronco, ya que el collar de la rama es muy débil.

Por su rápido crecimiento sirve para detener la erosión y su madera blanda es útil como pulpa en poco tiempo. Tiene corta vida y raíces muy invasoras, que lo hacen inapropiado para jardines pequeños y en la proximidad de construcciones.

Usos: la corteza se usa para curtir y teñir, su madera blanca se utiliza para hacer pulpa de papel y embalajes, así como cerillas, por su lenta combustión. También se usa en carpintería.

Sus raíces son superficiales por su crecimiento excesivo son muy agresivas e invasoras; las secundarias tienen la capacidad de producir numerosos surculos o renuevos a varios metros de distancia del tronco principal por lo que puede competir con especies cercanas y levantar el pavimento.

Algunas plagas de los alamos son: insectos: *Macroductilus* sp., *Chrysomela scripta*, *Alebra* sp, *Empoasca* sp; *Edwaedsiana* sp, *Hoplophorion* monograma y las *Chincheelampspora medusaes*, *Corythucha salicata*, *Stenomacra marginella* y *Chrysomela scripta*.

Enfermedades: Se presentan los canchros en tallos y ramas producidas por *Cryptosphaeria lignyota* y *Cytospora chrysosperma* el patógeno se distingue por el color de su estructura,

que es anaranjado también se encuentra la roya por *Melampsora medusae*, que se identifica por la presencia de masa polvorientas de esporas amarillo naranja.

Pudrición del tronco por *Coriopsis gallica*, son frecuentes los flujos bacterianos en las cicatrices de podas de ramas, de las que se excreta un líquido que contiene ácidos acético, propiónico y butírico, los cuales producen un olor fétido, fermentado y muy desagradable. Estos flujos debilitan la condición del árbol y provocan que en el interior del tronco se acumule humedad y sales de calcio y magnesio, lo que disminuye la presión osmótica y permite el acceso del agua; las mismas bacterias causan la degradación enzimática de la madera. Se recomienda proteger las heridas recién hechas durante las podas, utilizando una mezcla de bactericida con insecticida.

Se considera como tolerante a los floruros y de intermedio a tolerante a la contaminación atmosférica (Bailey ,1951; IPNI, 2010; Chanes, 2006; Martínez, 2008).

2.9.3 Clasificación Taxonómica de *Tamarix gallica*

Reino: Plantae
División: Spermatophyta
Clase: Dicotyledoneae
Orden: Violales
Familia: Tamaricaceae
Género: *Tamarix*
Especie: *Tamarix gallica*, L. (Bailey ,1951; IPNI, 2010).



Figura No. 6: *Tamarix gallica* en la parcela experimental

2.9.3.1 Descripción

Origen región mediterránea, norte de África, Islas Canarias, Francia y España en la proximidad de las costas o de ríos de aguas calcáreas y salobres.

Árbol monoico, caducifolio, mide hasta 8m de altura, su copa es irregular, su follaje es ligero y sus ramas son largas y flexibles difíciles de romper.

Es de crecimiento rápido y vive alrededor de 50 años, de corteza pardo - rojizo oscuro, las más jóvenes algo lustrosas y lampiñas. Hojas muy pequeñas, escamiformes, imbricadas de forma deltoidea a lanceolada, de aguadas a acuminadas, son de color verde glauco. Con brácteas de 0.10 a 0.17cm de largo.

Flores, las flores se agrupan en racimos en forma de panículas terminales de color rosado, miden de 5 a 10 cm de largo, nacen sobre las ramillas del año y aparecen al mismo tiempo que las hojas presentan 5 sépalos, ovados, corola con 5 pétalos oblongos, 5 estambres, filamentos agrandados hacia la base, ovario con 3 estilos aparecen en la primavera.

Florece en primavera, por abril y en verano. Brácteas ovaladas a triangulares (deltoides) foliación a mediados de primavera y finales de otoño.

Crece en los suelos húmedos y algo salinos: en las arenas y lagunas costeras, a lo largo de los ríos y corrientes de agua, sobre todo en las que atraviesan margas y otros depósitos subsalinos; se asocia con la adelfa, sauces y sauzgatillo. Le favorecen los climas templados, aunque tolera el calor extremo y fríos que no sean muy intensos, así como ambientes muy secos. Exigencias puede vivir en cualquier tipo de terreno, incluso semidesértico o totalmente arenoso.

Suelo: Se desarrolla preferentemente en suelos húmedos y tiene alta tolerancia a los salinos o alcalinos. Tiene un mayor desarrollo en posiciones soleadas, lo que promueve una mayor floración. Es muy resistente a los vientos. Sus necesidades de riego son mínimas, es tolerante a las sequías, su raíz es profunda y extensa puede desarrollar raíces muy largas.

Resiste bien la inmediata proximidad del mar, requiere situaciones asoleadas y acepta temperaturas cálidas y frías extremas, sensible a los vientos fuertes, que rompen sus ramas.

Crecimiento medio se extiende por el oeste de la zona Mediterránea, sur de Francia, Península Ibérica, llegando por el norte hasta Inglaterra y por el sur al Sahara.

Características: forma irregular; ovoidal desordenada cuando se cultiva como árbol (alcanzando hasta 10m). Follaje de fina textura; ramas erectas o pendientes. Hojas caducas, alternas, muy pequeñas, en forma de escamas oval-lanceoladas, adheridas a la ramilla; color verde azulado.

Flores blancas o rosa pálido; se agrupan por espigas gruesas y cilíndricas de 3 a 6 cm de largo, que nacen sobre las ramillas del año y que aparecen al mismo tiempo que las hojas. Poseen 5 pétalos y 5 estambres. Brácteas florales triangulares, cápsula aovada.

Fruto en cápsula dehiscente de 3 valvas, el fruto es una capsula dehiscente muy pequeña con 3 valvas que se abren en 3 partes también, mide de 3 a 4mm de largo. Tiene numerosas semillas diminutas que presentan un penacho plumoso en el ápice.

Corteza. La corteza es de color cenizo oscuro o pardo, agrietada, con escamas largas.

Usos: Para la fijación de dunas y para la reforestación de suelos salinos. La infusión de su corteza es muy rica en taninos y se emplea como astringente. Se utiliza con éxito para estabilizar suelos arenosos, ya que sus raíces contribuyen a fijar el suelo. La madera es bastante buena como combustible y sus ramas flexibles se utilizan para construir norias.

Propagación: Se puede propagar por semillas y esquejes, si es por esquejes, deberá ser de madera dura del verano anterior y que mida alrededor de 30 cm, enterrándolos de manera profunda.

Es una especie considerada como invasora en hábitats salinos, provoca la desecación de los cuerpos de agua por tener una elevada evapotranspiración (Martínez, 2008).

2.9.4 Clasificación Taxonómica de *Kalanchoe blossfeldiana*

Clasificación científica

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
División: Fanerógama Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Rosidae
Orden: Saxifragales
Familia: Crassulaceae
Subfamilia: Kalanchoideae
Género: *Kalanchoe*
Especie: *Kalanchoe blossfeldiana*, P. (Meyran y López, 2003; IPNI, 2010).



Figura No. 7 *Kalanchoe blossfeldiana* en la parcela experimental

2.9.4.1 Descripción

Planta herbácea, suculenta, perenne, con floración anual.

Distribución geográfica: originaria de África austral, América meridional y Asia tropical, su origen se sitúa en Madagascar. Hay más 250 especies distintas, se trata de una planta erguida, de hojas grandes, color verde gris o verde claro, matizadas de rojo hacia los bordes, muy carnosas debido a las reservas de agua, con bordes dentados.

De crecimiento moderado y de una floración muy larga que se inicia en los días cortos. Flor: en espigas o racimos terminales, en colores rosa, salmón, naranja, rojo o púrpura. Estas plantas aguantan el sol en el norte mientras que en el sur hay que evitar las horas de insolación más intensa, siendo los sitios a la sombra los mejores para su cultivo; en esta zona se pueden plantar en el suelo siempre que la temperatura no descienda de unos 8 grados.

En zonas frías se puede tener en el exterior hasta que llegan las heladas o cultivarlo todo el año en un interior, luminoso.

En invierno hay que disminuir la frecuencia de los riegos.

Hábitat: clima tropical, calido y semi cálido, prosperando en cualquier terreno, exposición a pleno sol, riego frecuente en primavera, más escaso en otoño y semanalmente en invierno.

Propagación: por esqueje, más difícilmente por semilla (Meyran y Lopez, 2003; IPNI, 2010; COCODA, 1986).

2.10 SELECCIÓN DE ESPECIES EN VIVERO

La selección de las plantas, se obtuvo considerando a la (Norma Ambiental del Distrito Federal) NADF-006-RNAT-2006 la cual menciona las características de calidad que deben cumplir las especies a establecer como:

Apariencia y coloración de follaje característico de la especie de acuerdo a la estación del año.

- Ramas saludables.
- Libre de plagas y enfermedades.
- Nutrición adecuada.
- Hidratación óptima.
- Raíces vigorosas, abundantes y blanquecinas.
- Sin presencia de raíces estranguladoras.
- Los arbustos deben de tener una altura mínima de 0.3m y presentar poda de formación.
- Para los árboles: Altura mínima 2.50m.
- Diámetro del tronco mínimo de 0.065m a 0.3m de la base del tronco.
- Presencia de un solo tronco principal dependiendo de la especie.
- Tronco recto, vertical y firme que soporte por sí mismo el peso de sus ramas.
- Tronco al centro del cepellón.
- Copa balanceada y sin presencia de ramas codominantes.

- Espaciamiento adecuado entre ramas principales y buen andamiaje, de acuerdo a la especie.
- Ángulo de inserción de las ramas principales no mayor a 90 grados respecto del ápice del árbol.
- Ramas principales concentradas en las dos terceras partes superiores
- Poda de formación.
- Preferentemente sin heridas o solo las ocasionadas por la poda que deben ser menores a un cuarto de el diámetro del tronco y en proceso de formación del callo respectivo.
- Arpillado ajustado al cepellón, con corte de raíces limpio y sin desgarres y sin presencia de raíces salientes en los orificios del drenado del contenedor.

III ANTECEDENTES

La necesidad de contar con alternativas para el establecimiento de especies en áreas impactadas por el vertido de residuos sólidos, tiene como el objetivo proteger la salud humana y del medio ambiente.

Sobre el tema de la recuperación de áreas impactadas por vertidos de residuos sólidos no existe a nivel mundial una solución única, sino que existen variadas tendencias tecnológicas, niveles de desarrollo del conocimiento y criterios para enfrentar el tema.

En relación a lo anterior es posible definir diferentes alternativas de establecimiento y distintos usos que se pueden dar a una cubierta vegetal. Entre ellas se pueden mencionar: usos recreacionales o suelos de fundación de construcciones, usos forestales y posibles usos agrícolas.

Se han reportado numerosos trabajos donde los vertederos o rellenos sanitarios se han reinsertado como áreas de recreación, campos de deportes y servicios. Sin embargo, no hay una información acabada sobre el tipo de vegetación que puede adaptarse sin problemas a las condiciones adversas de un vertedero de basura (Olaeta C., *et al.*, 1997).

Ya en 1972 (Duane, 1972) indica el éxito en la habilitación de canchas de golf y jardines sobre rellenos sanitarios, usando además especies arbóreas para completar el paisaje (Olaeta C., *et al.*, 1997).

El Ministerio del Ambiente y Calidad de Vida de Francia (1985) plantea la importancia de ocupar los rellenos sanitarios acabados en parques o campos productivos, para la cual señala una serie de posibilidades de especies tanto arbóreas como herbáceas, las cuales podrían adaptarse a las condiciones de suelo que posee un relleno sanitario, esto es, delgada capa de suelo, alta concentración de gases como CO₂ y CH₄, y alto contenido de metales pesados entre otros.

Señalan también que es necesario poblar primero con especies llamadas "pioneras", las cuales soportan condiciones adversas, y tienen un crecimiento más rápido, creando así un microclima para que se puedan desarrollar posteriormente especies denominadas "nobles". Como especies arbóreas primarias, se señalan *Populus sp.*, *Betulus alba* y *Salix alba*.

Dentro de las especies herbáceas se recomiendan especies leguminosas y gramíneas, como trébol blanco y rosado, *Festuca*, *Agrostis*, *Lupino*, *Coluca sp.*, y otros.

Estudios realizados en Argentina (Trellez, 1976) señalan que una adecuada mezcla de especies prateses corresponde a: *Lolium perenne*; *Agrostis stolonifera*; *Poa pratensis*; *Festuca rubra* y *Cynodon dactylon*. Gilman, et al. (1979) definen las siguientes especies como resistentes a la baja tensión de oxígeno en las raíces: *Nyssa sylvatica* (Olaeta C., et al., 1997).

Picea excelsa; *Ginkgo biloba*; *Pinus humbergi*; *Myrica pennsylvánica*; *Populus sp.*, *Pinus strobus*; *Canercus palustris*; *Taxus cuspidata* y *Filia americana*, indicando que probablemente el tamaño de las plantas al momento de ser plantadas podría influir en la adaptación inicial a las condiciones de baja tensión en el medio.

En la publicación de la Comisión de Comunidades Europeas (1992) (Landfill gas from environment to energy. EUR 14017. Commission of the European Communities, 1992, Luxembourg) señalan algunas especies como posibles de usar en un vertedero sanitario (Tabla 3) (Olaeta C., et al, 1997).

En información más reciente, Fabris (1995) reporta la experiencia alcanzada en cinco rellenos sanitarios de Italia, estos son: Vertedero de Bellolampo en Palermo, Vertedero de Imola, Vertedero de Vallin dell' Aquila en Livorno, Vertedero de Cozzo Disi en Casteltermini (Agrigento) y el Vertedero de Scala Erre en Sassari.

Cada uno de ellos con características diferentes por lo tanto con soluciones propias. Sin embargo en ellos no se reportan las especies vegetales utilizadas (Olaeta C., et al, 1997).

Russo y Vieira 1995 reporta en Portugal, la recuperación de un vertedero municipal no controlado ubicado en una vieja mina de caolin, el que se utiliza hoy como lugar de recreación y servicios de la población de Viana do Castelo, al construir allí estacionamientos, lavado de automóviles, tiendas y una laguna artificial. En esta recuperación también se incorporaron especies arbóreas y arbustivas, sin embargo no se reportan las condiciones de ellas (Olaeta C., *et al.*, 1997).

Otra de las alternativas de utilización de los rellenos sanitarios, una vez finalizados, es la vegetación tanto arbórea como arbustiva en aquellos sectores no urbanos.

El tipo de destino agrícola-forestal que se pretenda dar a un antiguo relleno sanitario, estará en función del grado de estabilidad del terreno y del espesor de la capa final de recubrimiento. Si en el vertedero terminado se va a sembrar alguna especie vegetal en particular, el espesor de la capa de recubrimiento final de tierra debe ser suficiente y debe presentar condiciones de soporte vegetal adecuadas para las especies que se van a sembrar. En la mayoría de los casos, es suficiente un recubrimiento final de suelo de aproximadamente 60 cm bien compactado. Según el tipo de especie arbórea o arbustiva que se desee introducir, puede ser necesario que el recubrimiento final requiera un espesor mayor.

Se debe prestar especial atención a los canales para el drenaje superficial, los que deben estar empedrados o revestidos para evitar la erosión y las infiltraciones. Antes de tomar una decisión sobre el uso del emplazamiento para sembrar alguna especie vegetal en particular, hay que evaluar la posibilidad de contaminación del agua subterránea por la infiltración del agua de riego.

En Kearny (Nebraska) se han sembrado canteras rellenas de residuos, con alfalfa, siendo suficientes para ello unos 60 cm de recubrimiento final.

En Inglaterra, se han utilizado también algunos terrenos provenientes de rellenos sanitarios, para fines agrícolas- forestales (Olaeta C., *et al.*, 1997).

Tabla No 3: Algunas especies propuestas para ser utilizadas en un relleno sanitario.

NOMBRE COMÚN ÍNGLES	NOMBRE CIENTÍFICO
Black poplar	<i>Populus nigra</i>
Dog-rose	<i>Rosa canina, L.</i>
Willow	<i>Salix, spp</i>
Hazel	<i>Corylus avellana, L.</i>
American cherry	<i>Prunus serotina, Ehrh.</i>
European cherry	<i>Prunus avium, L.</i>
European horse chestnut	<i>Aesculus hippocastanum, L.</i>
Apple	<i>Alus domestica, L.</i>
Sweetgum	<i>Liquidambar styracifitia, L.</i>
Weeping willow	<i>Salix babylonica, L.</i>
Silky dogwood	<i>Comus amonum, L.</i>
Lime tree	<i>Tilia cordata, Mill</i>
Common arder	<i>Alnus glutinosa, L.</i>
European aspen	<i>Populus tremula, L.</i>

(Olaeta C., et al., 1997)

En el año 1988, en un vertedero de residuos sólidos urbanos de Villa Dominico, Buenos Aires, Argentina se probó la especie de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh logrando una sobrevivencia del 100% (Lanfranco et al., 1999).

En suelos de 14 antiguos vertederos de la comunidad de Madrid de carácter mixto (residuos sólidos urbanos e industriales) la mayoría de ellos con problemas de salinización, contaminación y procesos erosivos se han encontrado que predominan las siguientes

especies: *Lolium rigidum*, *Dactylis glomerata*, *Anacyclus clavatus*, *Hirschfeldia incana* y *Spergularia rubra* (Pastor y Hernández, 2002).

En Brasil, en la mayor parte de las clases de vertederos de basura son plantadas especies de eucaliptos, debido a que se adaptan mejor a estas áreas; la hierba braquiaria (*Braquiara decumbens*), también es plantada en estos sitios. En Sao Paulo en el vertedero sanitario de Santo Amaro (Zona Sur), cerrado en 1995. Fueron plantadas cerca de 2400 plantas de semillero de 24 clases diferentes siendo parte de ellas nativas, fueron inoculados microorganismos (bacterias y hongos) en las de semillero cerca del 80% germino normalmente. Los metales pesados no fueron absorbidos por las raíces de las plantas en cantidades significativas. En vertederos de algunas ciudades de la región de Fortaleza, en el nordeste brasileño, se han plantado. El eucalipto (*Eucaliptus globulus* L.), el algarrobo (*Himenaëa courbaril* L.), el lapacho rosado (*Tabebuia Avellaneda* L.), la goiaba (*Eugenia uniflora* L.) y la casuarina (*Caesalpinia echinata* Lam.). En la ciudad de Rio Claro (SP) fue construida una plaza pública en una área de un antiguo basurero, las especies arbóreas usadas fueron sibipiruna (*Caesalpinia*) y la uña de vaca (*Bauhinia forticata*). Después de casi 30 años, el lugar no ha presentado ningún problema a los usuarios y residentes próximos.

En el parque Santa Bárbara (SP), en el 2002 se cumplieron diez años del final de las actividades del vertedero del barrio, hoy convertido en área de recreación. Tiene Reforestado hoy el 80% de sus 300.000 m² (Cáceres, 2007).

En un vertedero en Città di Mottola, región de Puglia (sur de Italia) se reporta resistencia de las siguientes especies: *Hedysarum coronarium*, *Medicago sativa*, *Lotus corniculatus*, *Ceratonia siliqua*, *Phillyrea latifolia*, *Olea europaea*, *Quercus ilex* *Rosmarinus officinalis*, *Myrtus communis* y *Viburnum tinus* (De Mei y Di Mauro, 2006).

3.1 ANTECEDENTES EN EL PARQUE ECOLÓGICO CUITLÁHUAC

En el 2000 la especie *Senna didymobotrya* presentó un 100% de establecimiento, con un adecuado suministro de humedad, tomando en cuenta que los individuos de esta especie fueron tratados desde semilla y controlados en invernadero hasta su transplante al sitio (García y Munguía, 2000).

En el 2003 se evaluó el estado de las especies *Acacia saligna* y *Acacia neriifolia*, donde se reporto un 95 % de sobrevivencia y presentaron buenas características vegetativas (López y Pérez, 2003).

En el 2005 se demostró que las especies *Acacia saligna*, *A. neriifolia*, *A. baileyana*, *A. melanoxylon* y *A. retinoides* presentan una resistencia al transplante y una mayor capacidad de establecimiento (Duarte, 2005).

Gómez en el 2008 recomendó a las siguientes especies para recuperar la cubierta vegetal arbórea de estos sitios a *Populus alba* L., *Fraxinus uhdei* (Wenzi.) Linglesh, *Schinus molle* L. y *Ligustrum japonicum* Thunb., estas presentaron un porcentaje de sobrevivencia superior al 65%.

IV OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Establecimiento del *Tamarix gallica*, *Populus alba*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Nerium oleander*, en un sitio de disposición final post clausura del "Parque Ecológico Cuitláhuac".

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar análisis físicos y químicos, para determinar fertilidad y salinidad del sustrato.
- Introducir especies que según la bibliografía puedan tolerar las condiciones de estrés del sitio y del sustrato.
- Introducir testigos de la especie *Kalanchoe blossfeldiana* en la FES Zaragoza, para su posterior comparación.
- Seguimiento del establecimiento de las especies: *Tamarix gallica*, *Populus alba*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Nerium oleander*, basados en la altura y cobertura de copa.

V JUSTIFICACION

Los sitios de disposición final causan problemas de contaminación en el aire, agua, suelo y dañan a especies vegetales y animales, por ello es importante caracterizar el suelo del área para saber qué especies vegetales pueden introducirse que toleren condiciones adversas (Galván *et al.*, 1995).

El establecimiento de varias especies se ve limitado debido a las condiciones del Parque Ecológico Cuitláhuac: metales pesados, salinidad, estrés nutrimental, temperatura extremofila, humedad y liberación de biogás, cabe mencionar que estas condiciones varían en el mismo sitio es decir que es heterogéneo; ésta es otra limitante a la hora de elegir especies, el introducir especies vegetales genera belleza al sitio y evita la pérdida de sustrato y dispersión de contaminantes, proporciona un micro hábitat para especies de aves, insectos u otros animales. Además de otros beneficios como controlar la erosión, retiene humedad lo cual sí es necesario para que no se formen excesivos lixiviados y vayan a un sistema acuático contaminándolo, como también evitar que los residuos estén expuestos a corto, mediano y largo plazo.

VI HIPÓTESIS

Si las especies *Tamarix gallica*, *Populus alba*, *Kalanchoe blossfeldiana* y *Nerium oleander*, son tolerantes a condiciones extremas que se presentan en la zona de estudio, entonces su capacidad de establecimiento será alta.

VII ZONA DE ESTUDIO

Parque Ecológico Cuitláhuac: Anteriormente un tiradero a cielo abierto, uno de los más grandes de América latina conocido como tiradero de Santa Cruz Meyehualco, funcionó durante los años cuarentas y hasta principios de la década de los ochentas.

El tiradero a cielo abierto de Santa Cruz Meyehualco fue ubicado en 1948 en las orillas del Distrito Federal, en la zona que ahora corresponde a la Delegación Iztapalapa. Debido al crecimiento urbano y demográfico acelerado, los asentamientos humanos alcanzaron y rodearon el área del tiradero, sin ningún método de control de residuos.

En 1975, al abrirse otros sitios de captación, era empleado por las Delegaciones Cuauhtémoc, Iztacalco, Iztapalapa, Coyoacán, Tlalpan, Venustiano Carranza, Benito Juárez, y Gustavo A. Madero y hasta antes de su clausura solo seis de ellas. Ocupó hasta 1984 un área de 1481188 m², en 1985 se cercó para tener control adecuado con dos salidas únicamente al Sur y al Poniente.

No se aplicaba ningún tipo de control para los residuos que ahí se depositaban, si bien se intento en los años sesentas, llevando a cabo un procedimiento parecido al relleno sanitario, por el método de zanjas esta práctica fue abandonada a fines de los 60's o principios de los 70's y la zona se convirtió de nuevo en un tiradero a cielo abierto hasta la clausura definitiva en 1983. Un cálculo aproximado, según información bibliográfica, la cantidad de residuos depositados aquí, durante todo el periodo de operación, asciende a 44712500 ton., a razón de 500 ton/día en los primeros años y 6400 ton/día al final de las operaciones (de 1972 a 1982 había 3500 a 5000 pepenadores, respectivamente, además de sus familias).

El 15 de noviembre de 1982, inicia la clausura del tiradero y concluye en junio de 1986. Para esto se utilizaron 769,600 metros cúbicos de material para cobertura proveniente de excavaciones y zonas de construcción (ladrillos, arena, grava, etc.).

Una vez concluida su clausura, se propuso establecer una extensa zona verde con fines recreativos, convirtiéndose en lo que hoy se conoce como Parque Ecológico Cuitláhuac. Fue inaugurado oficialmente como Parque Recreativo Cuitláhuac el 5 de enero de 2003, mide 145 hectáreas.

El Parque Ecológico Cuitláhuac, se localiza en la ciudad de México, al sureste de la Zona Metropolitana del Distrito Federal, dentro de la Delegación Iztapalapa, entre los paralelos 19°21' y 19°22' latitud norte y los meridianos 99°02' y 99°03' longitud Oeste. Esta zona colinda al norte con terrenos de propiedad federal; al sur con la unidad habitacional Sta. Cruz Meyehualco, al oriente con la avenida Guelatao de la colonia Santa María Aztahuacán y por el poniente con la calle Carlos L. Gracidas de la unidad habitacional Vicente Guerrero. Se encuentra a una altitud de 2240 msnm y su extensión territorial actual es de 1,481,181m cuadrados (INEGI, 2007).

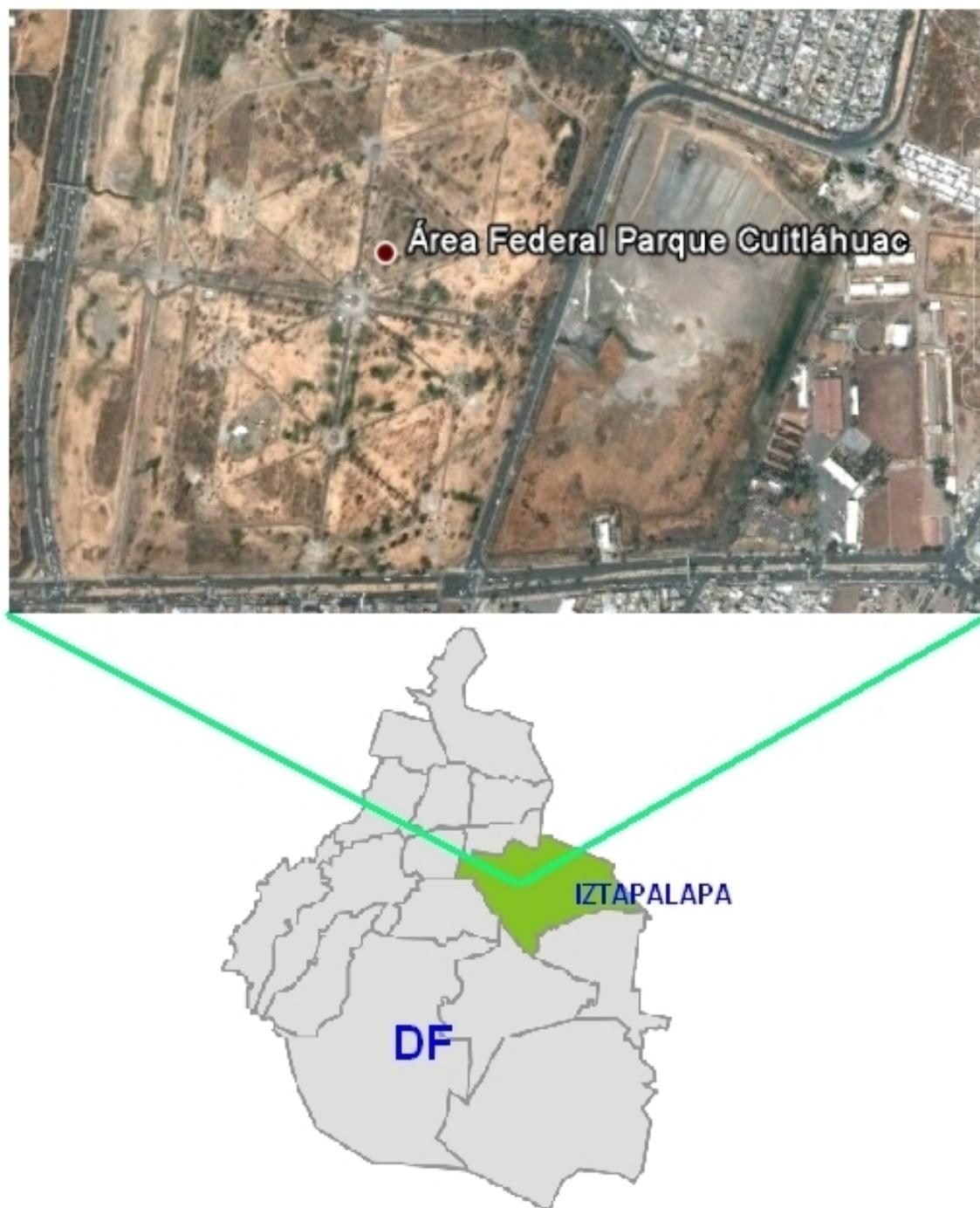


Figura 8: Zona Norte de estudio Parque Ecológico Cuitláhuac (Criollo y Hernández, 2011).

7.1 TOPOGRAFÍA

El área, presenta topó formas de llanuras lacustres con suelos del cuaternario.

Hidrología, esta zona se ha considerado como una fuente importante de abastecimiento de agua subterránea debido a que por esta pasa una corriente subterránea proveniente del sistema de Santa Catarina, pero en la parte superior del sitio predominan los depósitos lacustres (CETENAL, 1978, INEGI, 1999).

7.2 EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA

De acuerdo al sistema de clasificación FAO/UNESCO, el tipo de suelo natural predominante es Regosol eutrico, con suelos secundarios tipo Feozem. Por consiguiente, son en general suelos con altas concentraciones de sales y alto contenido de arcilla. Asimismo, este presenta rocas ígneas extrusivas pertenecientes al periodo terciario de la era cenozoica (García y Munguía, 2000).

7.3 CLIMA

El clima predominante es templado subhúmedo, con lluvias en verano, donde la temperatura media anual varía entre los 12 y 18 °C. La temperatura media del mes más frío va de entre -3 y 18 °C, el periodo de lluvias se inicia con escasas precipitaciones durante el mes de abril, incrementándose en mayo, junio, julio, siendo los meses más lluviosos agosto, septiembre y octubre, disminuyendo la precipitación durante el resto del año. Así la precipitación media anual es de 403.8 mm en los meses más secos y de 864.8 mm en los meses más lluviosos (INEGI, 1998).

7.4 GENERALIDADES DEL SITIO

El parque se encuentra conformado por dos secciones, la parte norte comprende numerosos módulos de convivencia familiar, locales para concesiones, oficinas administrativas, almacenes para 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 un estacionamiento.

Sin tener en cuenta el tipo de sustrato con el que se contaba, en el reciente parque se considero la plantación de especies de rápido crecimiento, optando por introducir en su gran mayoría *Eucalyptus* sp, casuarinas y álamos, vegetación arbórea que aun persiste. Sin embargo la elevada cantidad de contaminantes presentes en el sitio provocaron severos efectos en estas especies, por lo que posteriormente se introdujeron organismos del género *Acacia* cuya respuesta de adaptación ha sido más satisfactoria. Por lo tanto, el estrato herbáceo está constituido principalmente por gramíneas y plantas ruderales como la malva, debido a que son las únicas que han podido sobrevivir bajo condiciones tan adversas (García y Munguía, 2000).

VIII METODO

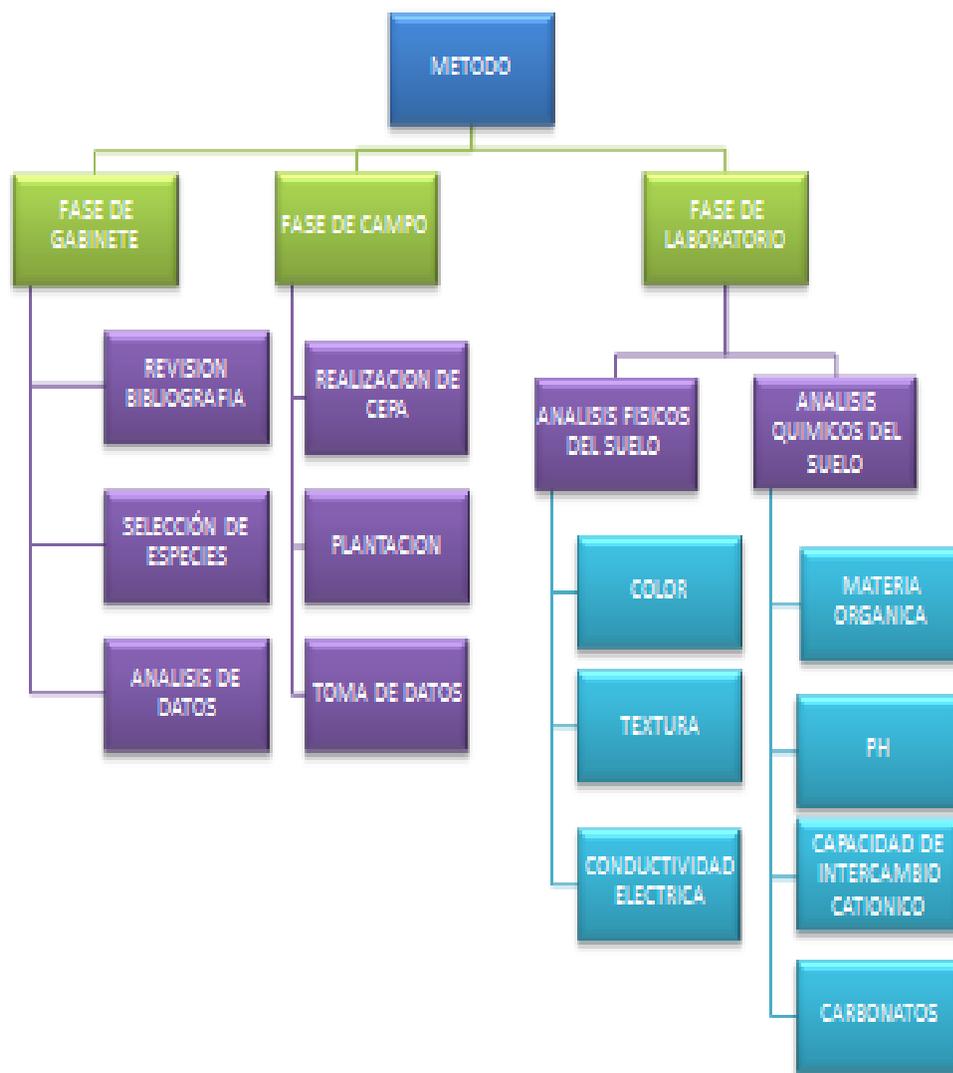


Figura No. 9: Diagrama de flujo del método.

8.1 FASE DE GABINETE

Se realizó una búsqueda bibliográfica con respecto a la legislación, manejo y análisis de las especies a evaluar.

Se tomaron en cuenta los trabajos anteriores sobre la especie *Tamarix gallica* y a partir del 2008 se llevo a cabo su análisis de forma detallada y constante.

8.2 FASE DE CAMPO

8.2.1 Muestreo de suelo en el sitio

Para el muestreo y los análisis físicos y químicos para determinar la fertilidad y salinidad del suelo, se utilizó la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. La calidad de un muestreo se caracteriza a través de dos parámetros: Precisión y Exactitud (Swenson *et al.*, 1984).

El muestreo de suelo fue al azar, y para realizar los análisis de suelo se trabajaron con 25 muestras simples ya que el sitio es muy heterogéneo y este tipo de trabajo resulta mejor bajo estas condiciones, se realizaron 2 repeticiones en el análisis de cada parámetro, cada muestra se obtuvo a una profundidad de, 0 - 20cm, 0 - 30cm, ya que esta profundidad recomienda la norma para análisis de fertilidad.

8.2.2 Plantación en el sitio

Para introducir los árboles y arbustos de acuerdo con la NADF-006-RNAT-2006, primero se hizo una cepa, se le agregó agua y se dejó reposar un día, cabe mencionar que se deben dejar las distancias apropiadas para el árbol esto es con el fin de que no se vea en competencia por nutrimentos y luz, traslape de frondas, etc., con otros árboles, como se establece en la norma que son: 2.5 metros para arbustos y de 5 a 10 metros para árboles.



Figura No. 10 Realización de las cepas en base a la NADF-006-RENAT-2004

La especie introducida es: *Kalanchoe blossfeldiana*, en la parcela experimental del Parque Ecológico Cuitláhuac, así también se introducen controles en la FES Zaragoza.



Figura 11: Plantación de especies *Kalanchoe blossfeldiana* en el Parque Ecológico Cuitláhuac.



Figura 12: Plantación de especies *Kalanchoe blossfeldiana* en la FES Zaragoza.

8.2.3 Seguimiento de la plantación

De las especies ya introducidas que son: *Populus alba*, *Nerium oleander* y *Tamarix gallica* así como la que se introdujo, tomamos medición de los individuos de la misma especie, en el parque como los de la FES Zaragoza, para cada especie las mediciones fueron: de altura, cobertura de copa, diámetro del tronco principal.

Para la cobertura de copa nos basamos en la siguiente fórmula:

$$C = \left\{ \left[\frac{d_1 + d_2}{4} \right]^2 \right\}$$

Donde:

C= cobertura promedio d_1 = primer diámetro de cobertura de la copa
 d_2 = segundo diámetro de cobertura de la copa = 3.1416 (Osorio, *et al.*, 1996)

En el suelo se utilizó abono orgánico formado de: calabaza, tierra de hoja y tierra común en relación 1:1:1, por única ocasión en la parcela experimental. El mantenimiento del área verde de la parcela experimental del Parque Ecológico Cuitláhuac se realizó con base a la NADF-001-RNAT-2006.

8.2.3.1 Ubicación de las especies en la parcela experimental

Para un mejor seguimiento y posterior análisis se realizó un mapeo con la ubicación de los individuos de las diferentes especies.



Figura 13: Ubicación de la especie *Nerium oleander*



Figura 14: Ubicación de la especie *Kalanchoe blossfeldiana*



Figura 15: Ubicación de la especie *Tamarix gallica*

8.3 FASE DE LABORATORIO

Para el muestreo y los análisis físicos y químicos del suelo nos basamos principalmente en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Muñoz *et al.*, 2000; Castillo, 2007.

8.3.1 Análisis físicos y químicos del suelo antrópico

8.3.1.1 Color por las tablas Munsell 1992, (NOM O21; Muñoz *et al.*, 2000; Castillo, 2007).

8.3.1.2 Textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos (NOM O21; Muñoz *et al.*, 2000; Castillo, 2007).

8.3.1.3 Conductividad Eléctrica por el método pasta de saturación. (NOM O21; Muñoz *et al.*, 2000; Castillo, 2007; Chapman y Pratt, 1991).

8.3.1.4 Potencial de Hidrogeno Real (pH). Se determinó por el método potenciométrico. Relación 1:2 (Ríos, 1985).

8.3.1.5 Materia Orgánica por vía húmeda (% MO). Se determinó por el método, de Walkley y Black (Castillo, 2007).

8.3.1.6 Capacidad de Intercambio Catiónico Total (C.I.C.T.)
Se determinó por el método del versenato EDTA 1N pH 7 (Muñoz *et al.*, 2000; NOM O21; Castillo, 2007).

8.3.1.7 Prueba de efervescencia de Carbonato de Calcio con Ácido Clorhídrico al 10%, método cualitativo.

8.3.1.8 Pedregosidad. Se determinó por regla de 3.

IX RESULTADOS

Tabla No. 4: Resultados de los análisis físicos y químicos realizados al suelo antrópico de la parcela experimental Parque Ecológico Cuitláhuac.

punto No.	Color en Seco cartas (Munsell, 1992)	Color en Húmedo cartas (Munsell, 1992)	Características Texturales			Clase Textural
			% de arena	% de limo	% de arcilla	
1	10YR ⁵ / ₄ Marrón amarillento	10YR ³ / ₃ Marrón oscuro	63.64	11	25.36	Migajón Arcilloso Arenoso
2	10YR ⁴ / ₂ Marrón oscuro	10YR ² / ₁ Negro	58.64	29.28	12.08	Migajón Arenoso
3	10YR ⁵ / ₃ Marrón	10YR ³ / ₂ Marrón muy oscuro grisáceo	68.08	22	9.92	Migajón Arenoso
4	10YR ⁵ / ₃ Marrón	10YR ⁴ / ₃ Marrón	62.08	21.72	16.2	Migajón Arenoso
5	10YR ³ / ₁ Gris muy oscuro	10YR ² / ₁ Negro	58.36	28.28	13.36	Migajón Arenoso
6	10YR ⁴ / ₁ Gris oscuro	10YR ² / ₁ Negro	57.64	22	20.36	Migajón Arcilloso Arenoso
7	10YR ⁵ / ₄ Marrón amarillento	10YR ³ / ₃ Marrón oscuro	74.64	16	9.36	Migajón Arenoso
8	10YR ⁵ / ₄ Marrón amarillento	10YR ³ / ₃ Marrón oscuro	66.08	23.72	10.2	Migajón Arenoso
9	10YR ⁵ / ₄ Marrón amarillento	10YR ³ / ₃ Marrón oscuro	78.36	12.64	9	Arena Migajonosa
10	10YR ⁴ / ₂ Marrón oscuro Grisáceo	10YR ² / ₁ Negro	60.64	19	20.36	Migajón Arenoso
11	10YR ⁶ / ₃ Marrón pálido	10YR ² / ₁ Negro	56.64	24.64	18.72	Migajón Arenoso

punto No.	Color en Seco cartas (Munsell, 1992)	Color en Húmedo cartas (Munsell, 1992)	Características Texturales			Clase Textural
			% de arena	% de limo	% de arcilla	
12	10YR ⁴ / ₂ Marrón oscuro Grisáceo	10YR ² / ₁ Negro	67.08	22.72	10.2	Migajón Arenoso
13	10YR ⁵ / ₃ Marrón	10YR ³ / ₃ Marrón oscuro	63.08	21.28	15.64	Migajón Arenoso
14	10YR ⁶ / ₃ Marrón pálido	10YR ² / ₂ Marrón muy oscuro	61.64	28	10.36	Migajón Arenoso
15	10YR ⁶ / ₃ Marrón pálido	10YR ² / ₂ Marrón muy oscuro	67.64	22	10.36	Migajón Arenoso
16	7.5YR ⁶ / ₄ Marrón claro	7.5YR ^{2.5} / ₂ Marrón muy Oscuro	65.64	23.28	11.08	Migajón Arenoso
17	10YR ⁵ / ₃ Marrón	10YR ² / ₁ Negro	61.64	24	14.36	Migajón Arenoso
18	7.5YR ⁶ / ₃ Marrón claro	7.7RR ^{2.5} / ₃ Marrón muy oscuro	59.64	25.64	14.72	Migajón Arenoso
19	7.5YR ⁶ / ₃ Marrón claro	7.5YR ^{2.5} / ₃ Marrón muy oscuro	60.64	26	13.36	Migajón Arenoso
20	7.5YR ⁵ / ₁ Gris	10YR ⁴ / ₃ Marrón	61.08	28.64	10.28	Migajón Arenoso
21	10YR ³ / ₁ Gris muy oscuro	10YR ² / ₁ Negro	61.64	28	10.36	Migajón Arenoso
22	10YR ³ / ₁ Gris muy oscuro	10YR ² / ₁ Negro	67.08	21.64	11.28	Migajón Arenoso
23	10YR ⁵ / ₃ Marrón	10YR ² / ₂ Marrón muy oscuro	72.08	21.28	6.64	Migajón Arenoso
24	10YR ⁵ / ₂ Marrón grisáceo	10YR ² / ₁ Negro	60.72	25.92	13.36	Migajón Arenoso
25	10YR ⁶ / ₄ Marrón claro amarillento	7.5YR ^{2.5} / ₁ Negro	71.08	20.72	8.2	Migajón Arenoso

Nota: Los resultados son un promedio de dos determinaciones.

Continuación de la Tabla No. 4

Muestra No.	Conductividad Eléctrica 25 °c (dS m ⁻¹)	Porcentaje (%) de Pedregosidad	Actividad de Carbonatos	pH Real	% de M.O	C.I.C.T (cmol Kg ⁻¹)
1	0.03	42.32	BAJA	7.3	1.89	40.8
2	0.10	35.57	ALTA	7.8	8.69	51.2
3	0.02	22.38	ALTA	7.5	1.65	40
4	0.04	42.67	MEDIA	8	3.29	23.4
5	0.18	19.67	MEDIA	7.5	8.69	30.4
6	0.06	28.2	BAJA	7.9	1.65	37
7	0.02	28.75	MEDIA	8	2.59	21
8	0.14	29.87	MEDIA	7.9	1.65	34
9	0.09	35.37	BAJA	7.5	3.06	33.4
10	0.04	25.16	NULA	7.6	2.35	31.8
11	0.04	28.31	MEDIA	8.1	1.65	33.4
12	0.04	24.9	NULA	6.8	5.17	39.6
13	0.06	47.39	NULA	8.6	0.48	25.4
14	0.02	41.19	ALTA	7.2	1.18	19.6
15	0.07	31.71	ALTA	7.2	2.82	33
16	0.06	35.98	BAJA	7	2.59	30.2
17	0.07	33.21	ALTA	7.3	2.82	30.2
18	0.11	45.84	MEDIA	7.6	0.95	33.8
19	0.05	24.75	ALTA	8.1	0.48	28.2
20	0.08	14.17	MEDIA	7.1	4.47	31.6
21	0.10	15.89	MEDIA	7.1	5.87	39.2
22	0.05	26.97	BAJA	7.5	5.4	35
23	0.01	27.27	BAJA	6.9	3.76	33.8
24	0.04	32.57	ALTA	8.4	4.94	37.6
25	0.17	34.7	MEDIA	7	0.49	17

Nota: Los resultados son un promedio de dos determinaciones.

RESULTADO DEL SEGUIMIENTO DE LAS ESPECIES

Tamarix gallica

Gráficas con respecto a la altura

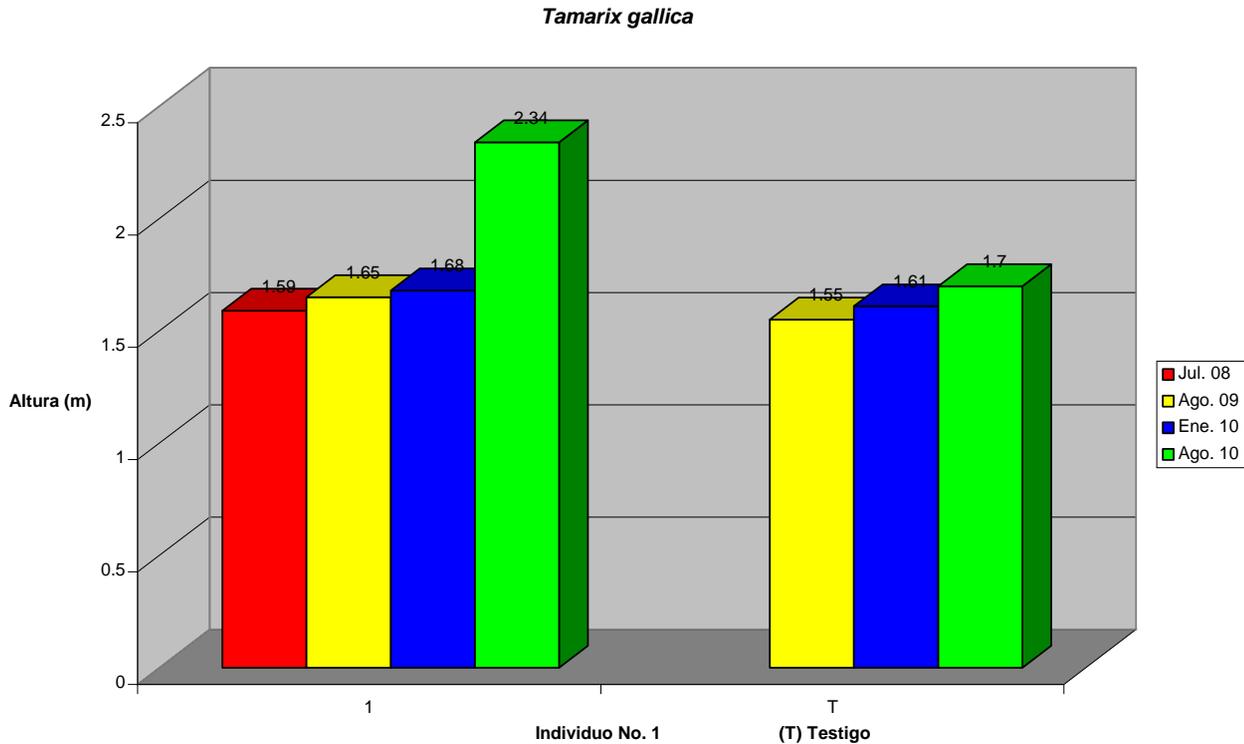


Figura No. 16: Altura promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010

En las primeras mediciones mostró un crecimiento regular, despuntando en el periodo de enero – agosto del 2010, incrementando su altura más de un metro. Al compararlo con el testigo observamos que las condiciones de la parcela experimental favorecieron a este individuo ya que la etapa donde tuvo mas desarrollo fue en época de lluvias y al no haber control con la poda, como la que tenía el testigo favoreció mucho su establecimiento en el sitio.

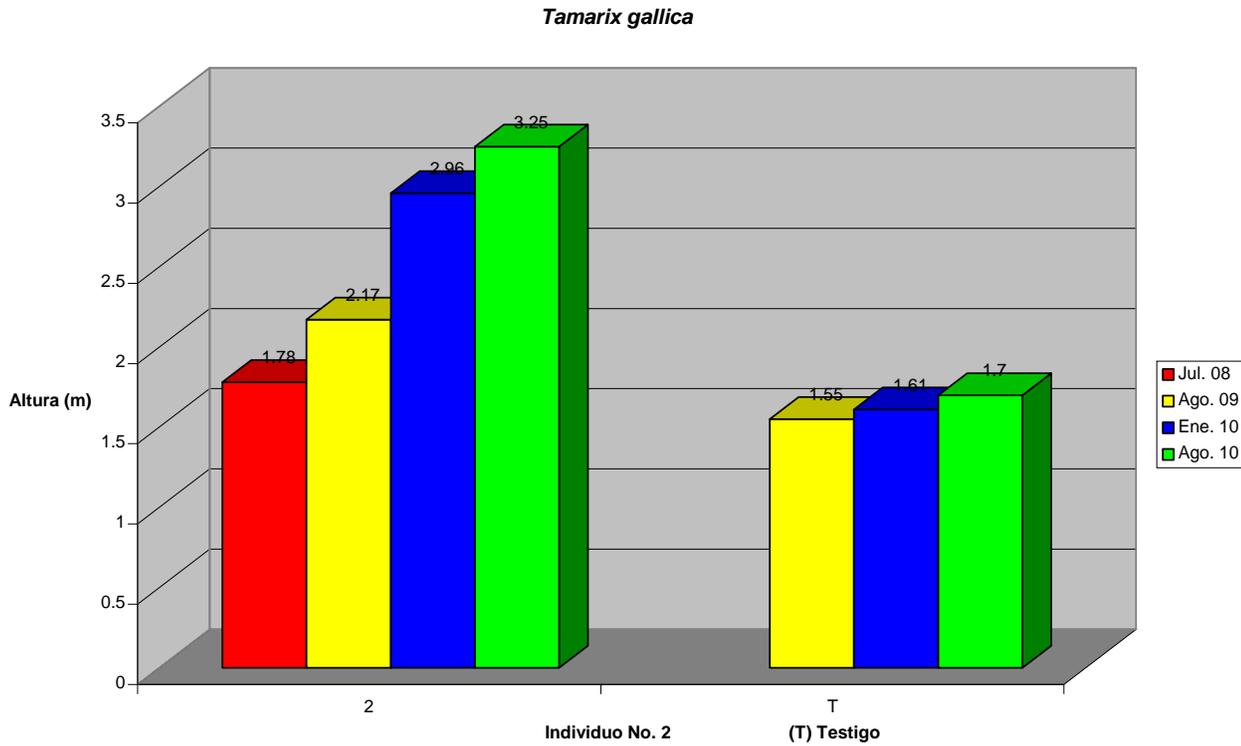


Figura No. 17: Altura promedio del individuo 2, de julio 2008 a agosto 2010

El promedio de crecimiento en este individuo osciló entre los 30 y 60cm por periodo, lo cual nos indica que tuvo las condiciones favorables para establecerse en la parcela experimental. Y mostró un mejor desarrollo que el testigo.

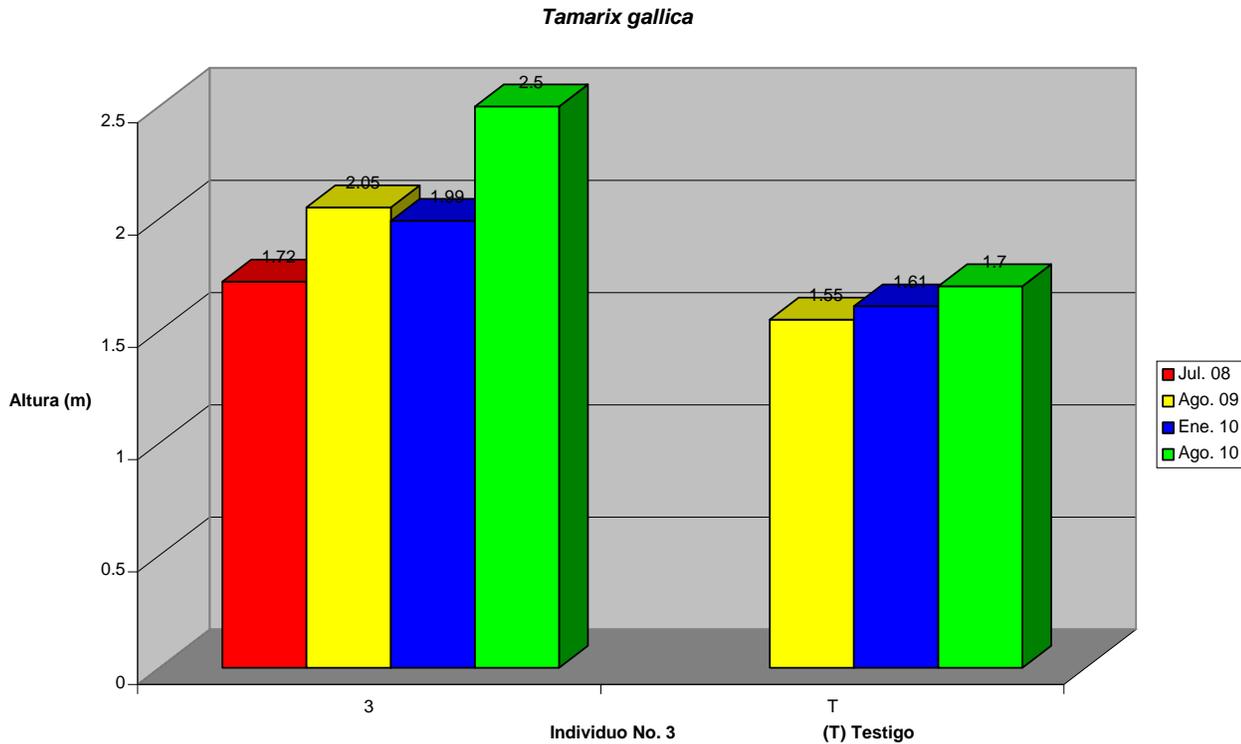


Figura No. 18: Altura promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010

Este individuo cesó el crecimiento en el periodo de agosto 09 – enero 10 debido a que la temporada invernal afectó las condiciones de establecimiento de esta especie reduciendo su capacidad para absorber nutrientes, sin embargo el testigo su crecimiento neto es menor.

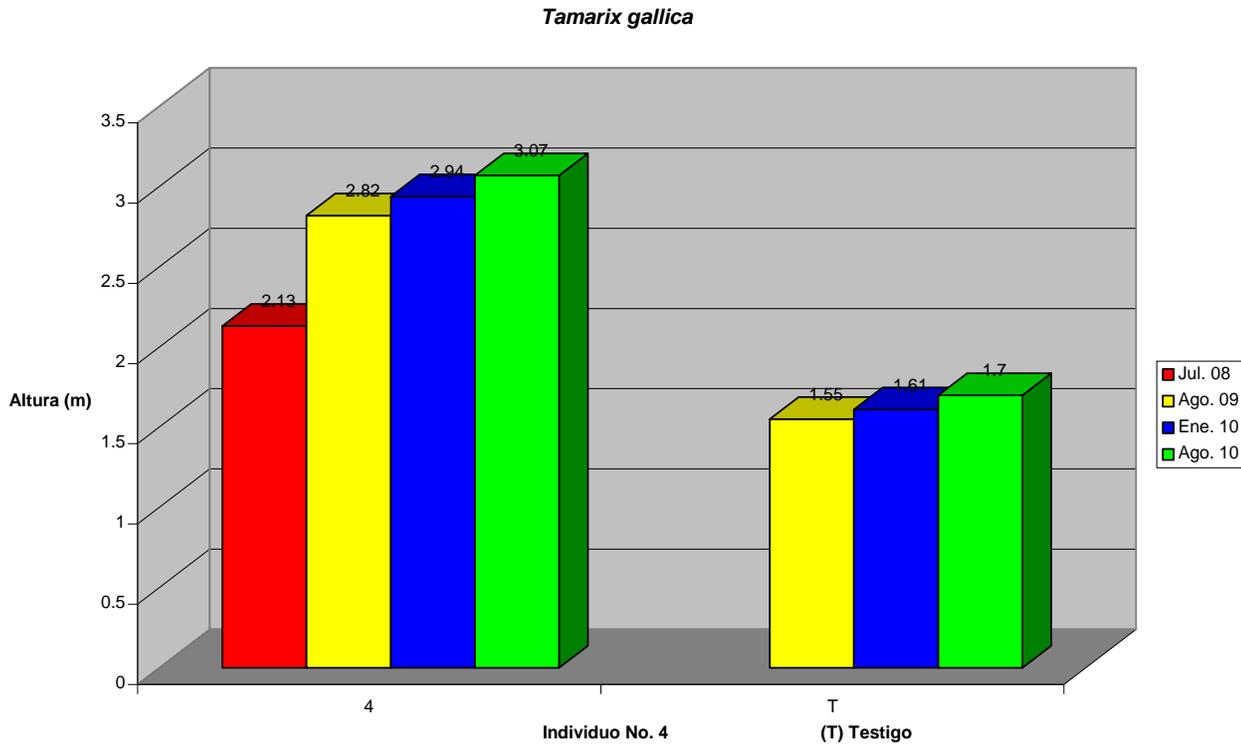


Figura No. 19: Altura promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010

Aquí observamos que este individuo mantuvo un crecimiento regular al igual que el testigo, esto debido a que la zona en donde se encuentra posee una buena circulación de agua, y no fue afectado por el incendio.

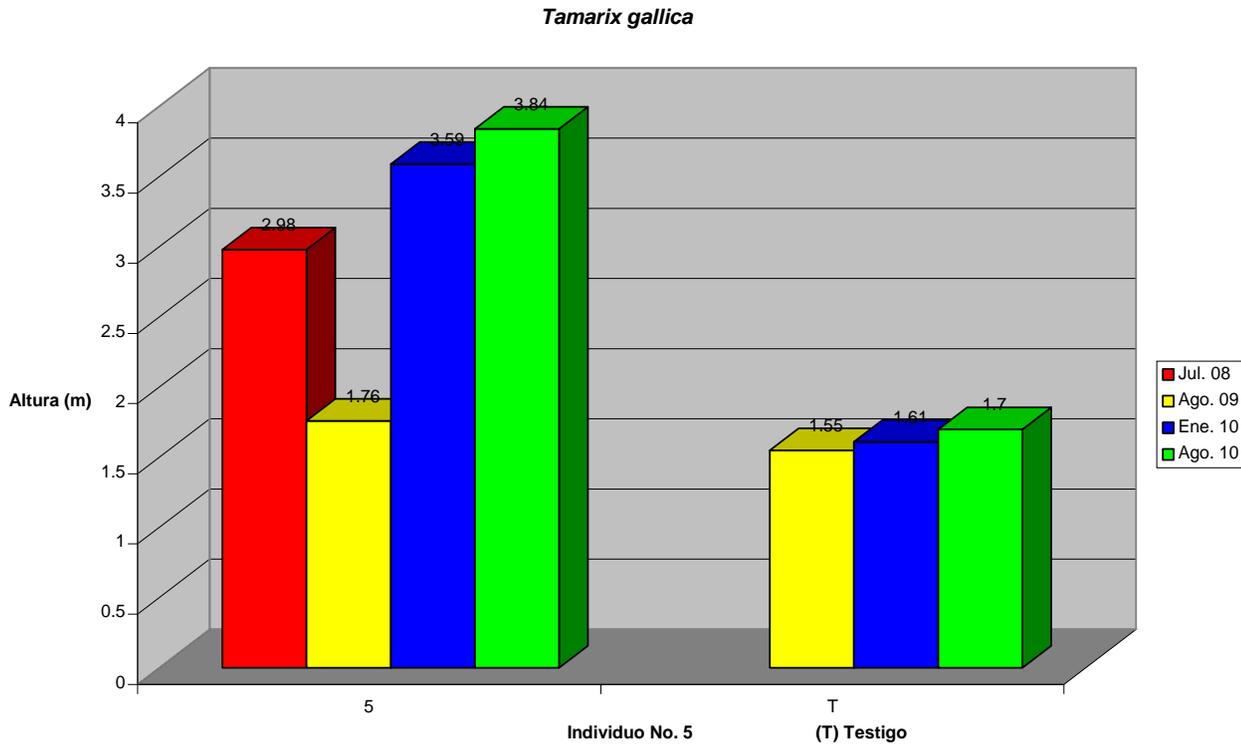


Figura No. 20: Altura promedio del individuo 5, de julio 2008 a agosto 2010

Algo que se observó es la capacidad que tiene este individuo así como la especie para resistir, ya que sufrió un grave daño en el incendio que ocurrió en Junio del 2009, en donde para la medición de agosto presentó una pérdida de altura de 1.22 m y se recuperó de forma satisfactoria para el periodo de enero 10 alcanzando los 3.50m. Y sin dejar atrás el hecho que aun sufriendo daño superó al testigo.

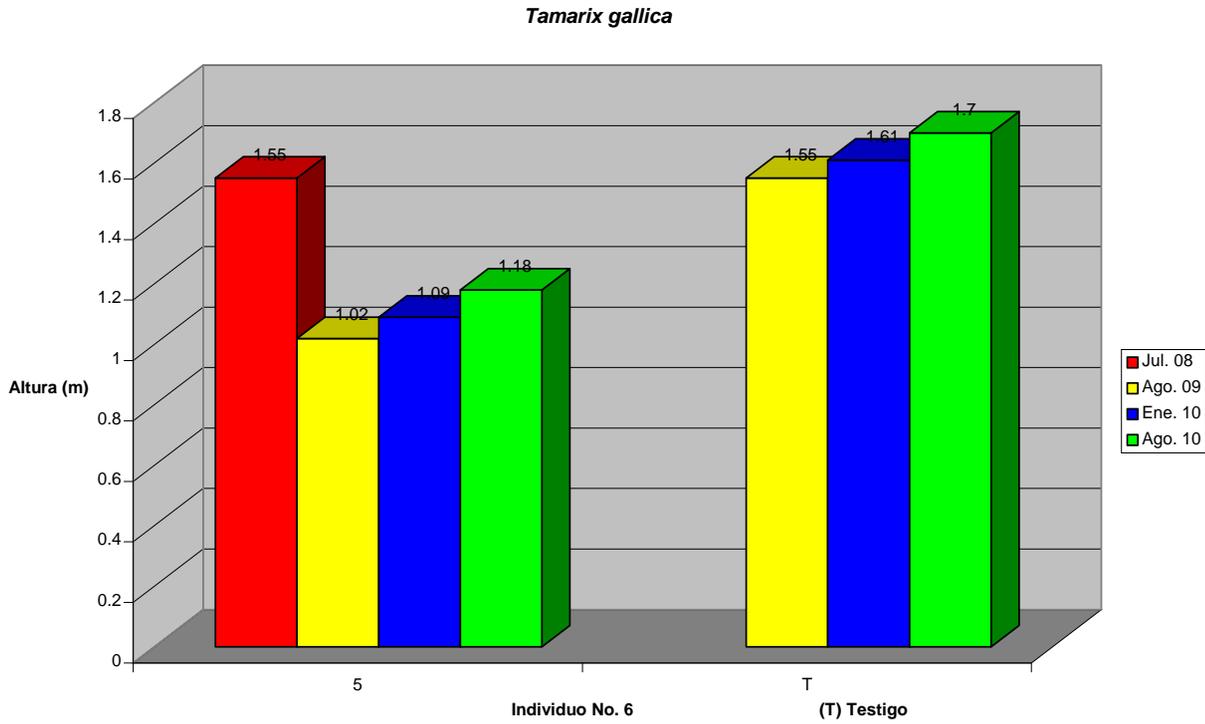


Figura No. 21: Altura promedio del individuo 6, de julio 2008 a agosto 2010

El incendio afectó a este individuo perdiendo altura, pero al igual que los demás se recuperó en las posteriores mediciones, aunque no alcanzó su altura inicial ni superó al testigo.

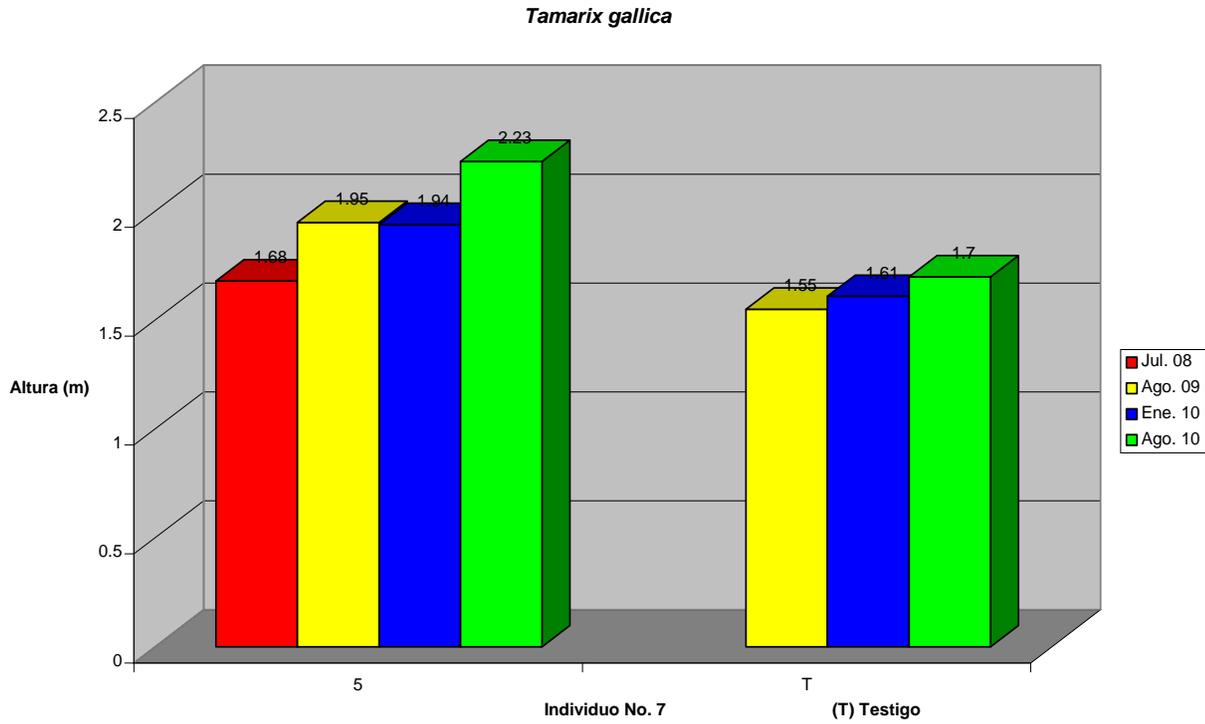


Figura No. 22: Altura promedio del individuo 7, de julio 2008 a agosto 2010

Al no ser tan afectado por el incendio este individuo mostró un pequeño retroceso en invierno, pero de igual manera se recuperó en las posteriores mediciones y superó al testigo.

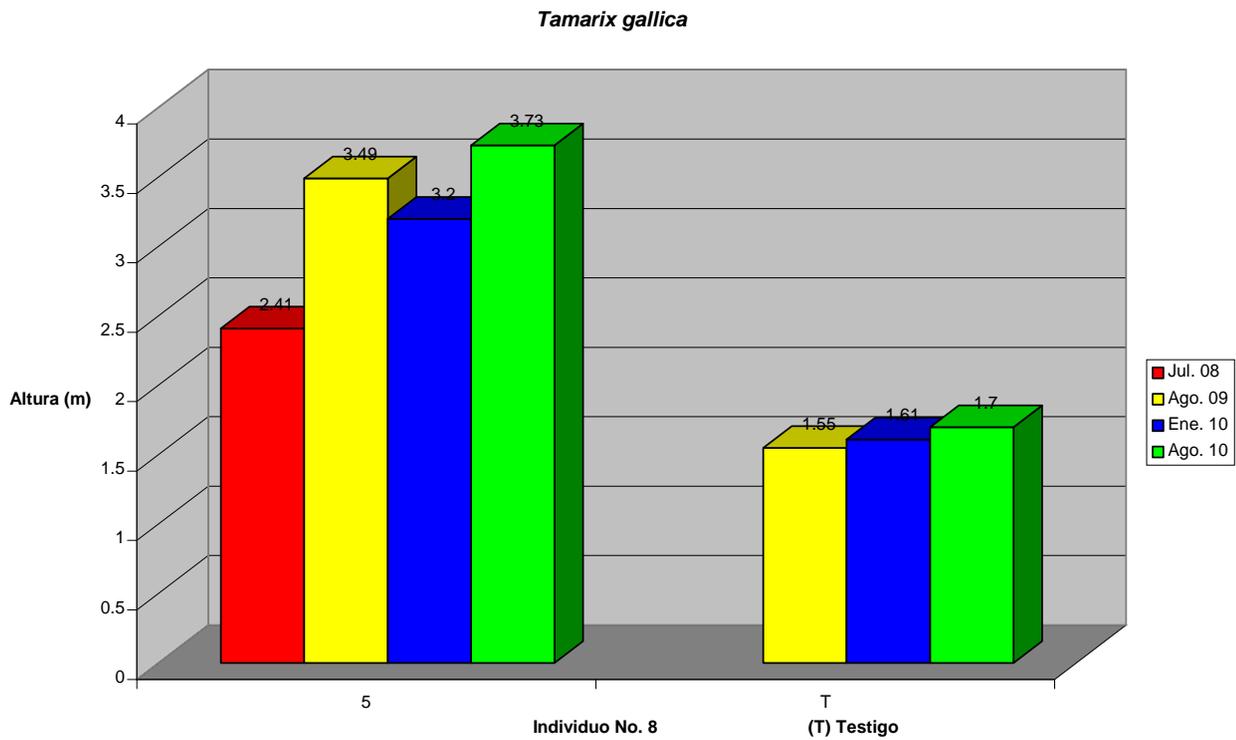


Figura No. 23: Altura promedio del individuo 8, de julio 2008 a agosto 2010

Este individuo redujo su crecimiento en la época invernal, recuperándose en las siguientes mediciones y también superó al testigo.

GRÁFICAS CON RESPECTO A LA COBERTURA DE COPA

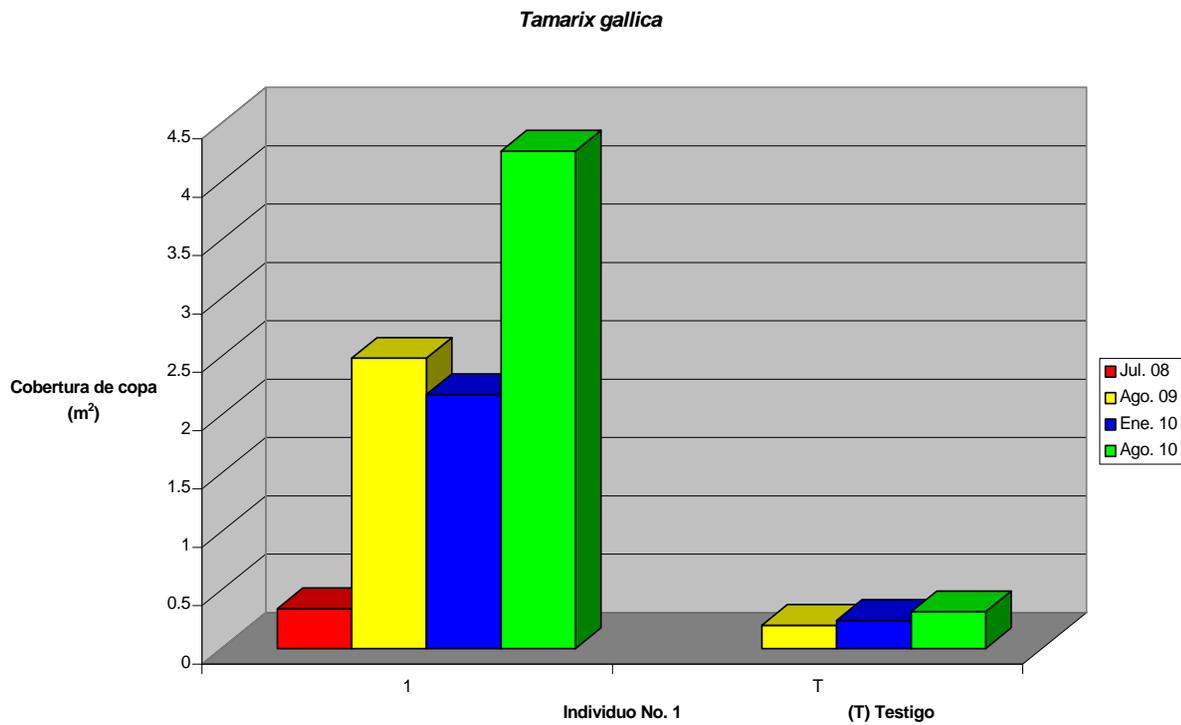


Figura No. 24: Cobertura de copa promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010

Este individuo, redujo su cobertura en el periodo invernal y se recuperó para agosto por la época de lluvias, el testigo fue superado por el individuo.

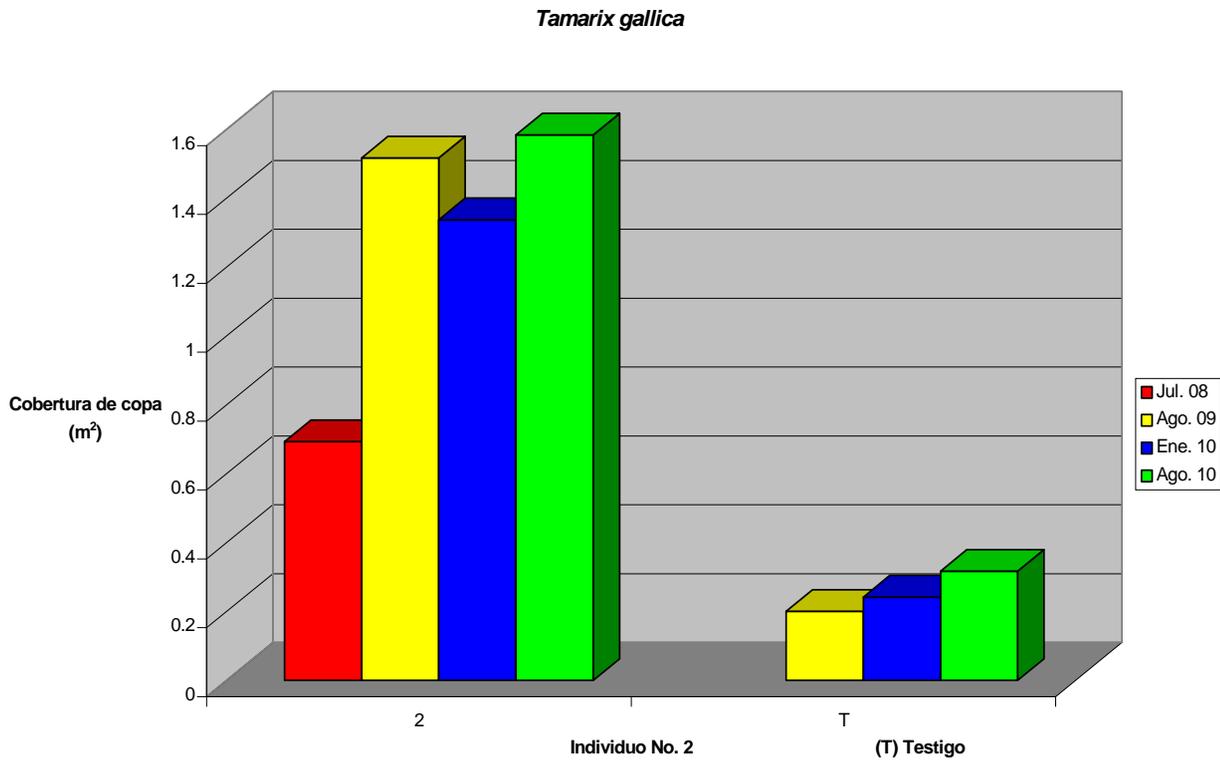


Figura No. 25: Cobertura de copa promedio del individuo 2 de julio 2008 a agosto 2010

Para enero redujo su cobertura debido a que en la temporada invernal debe guardar recurso y su actividad metabólica se reduce, en los siguientes meses recuperó la cobertura mejorando el microclima y superando el testigo.

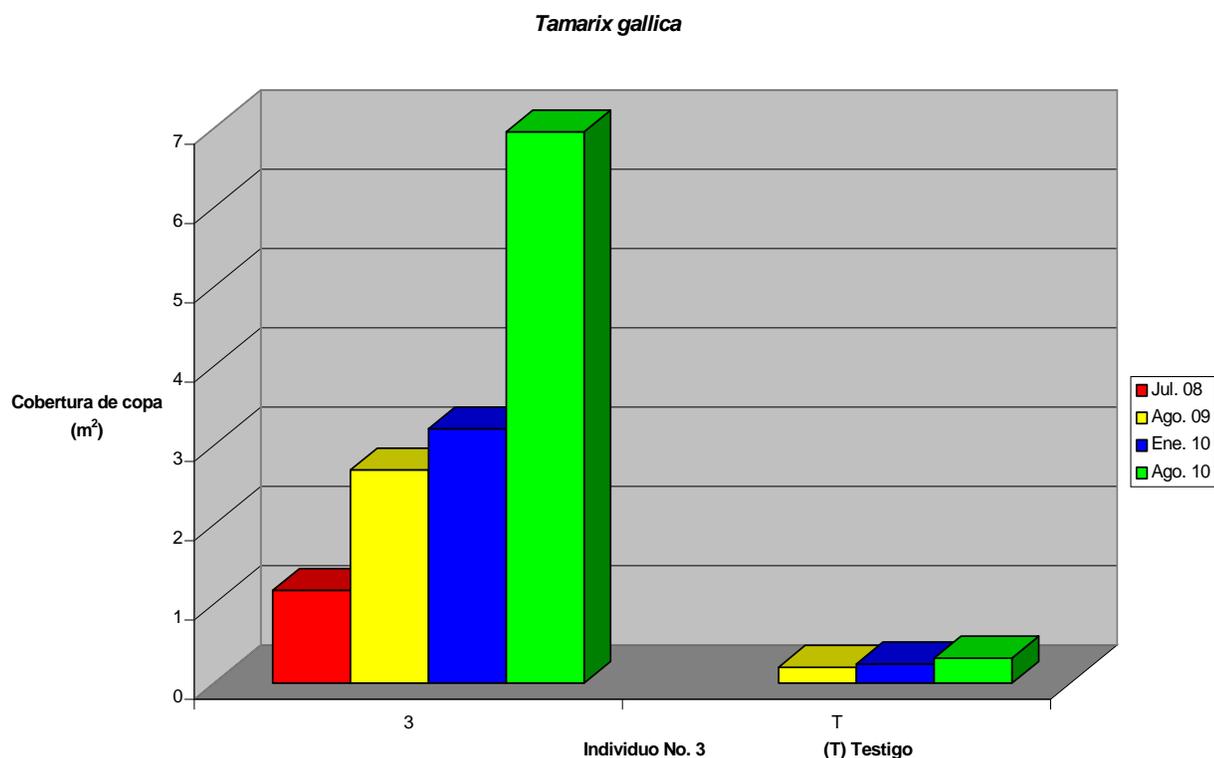


Figura No. 26: Cobertura de copa promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010

En la época de lluvias logro abarcar mayor área desarrollándose mucho mejor que el testigo.

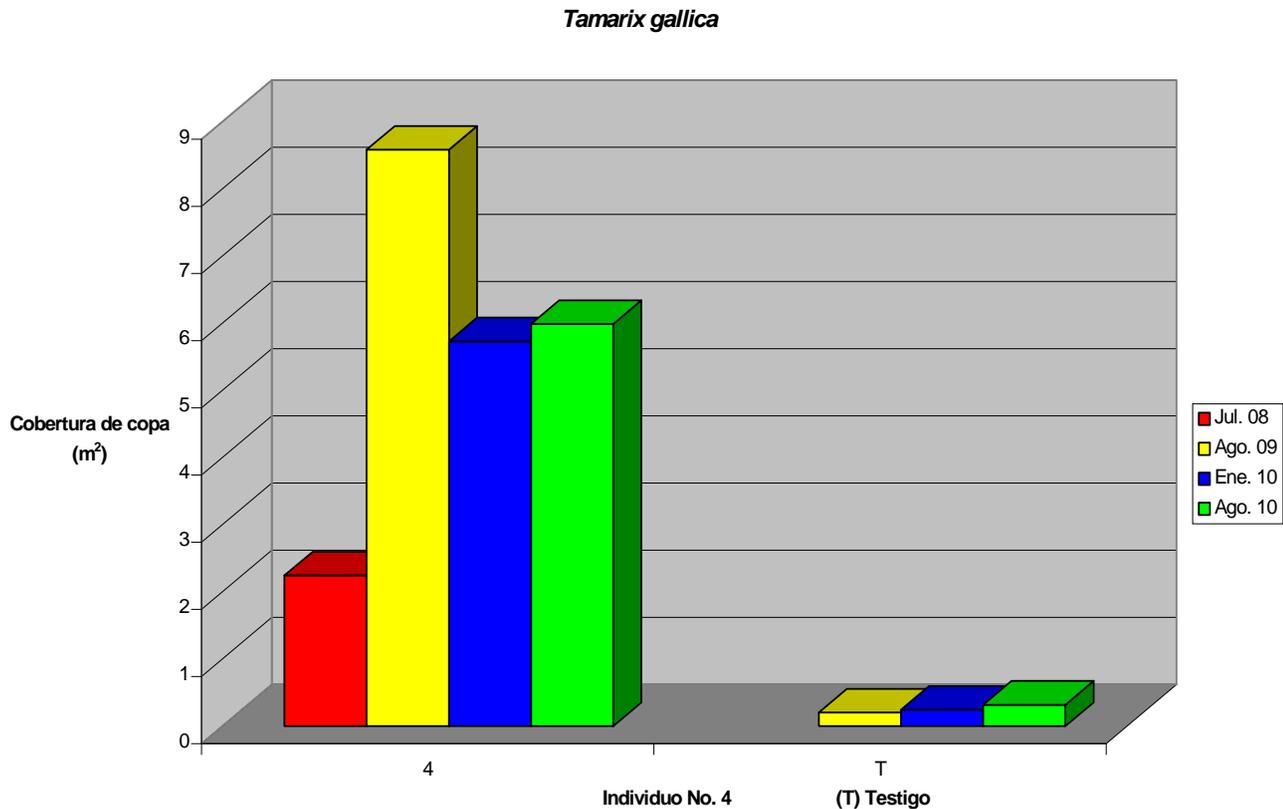


Figura No. 27: Cobertura de copa promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010

Este individuo no fue afectado por el incendio, la helada afectó la cobertura para Enero del 2010, y se recuperó en la última medición superando al testigo.

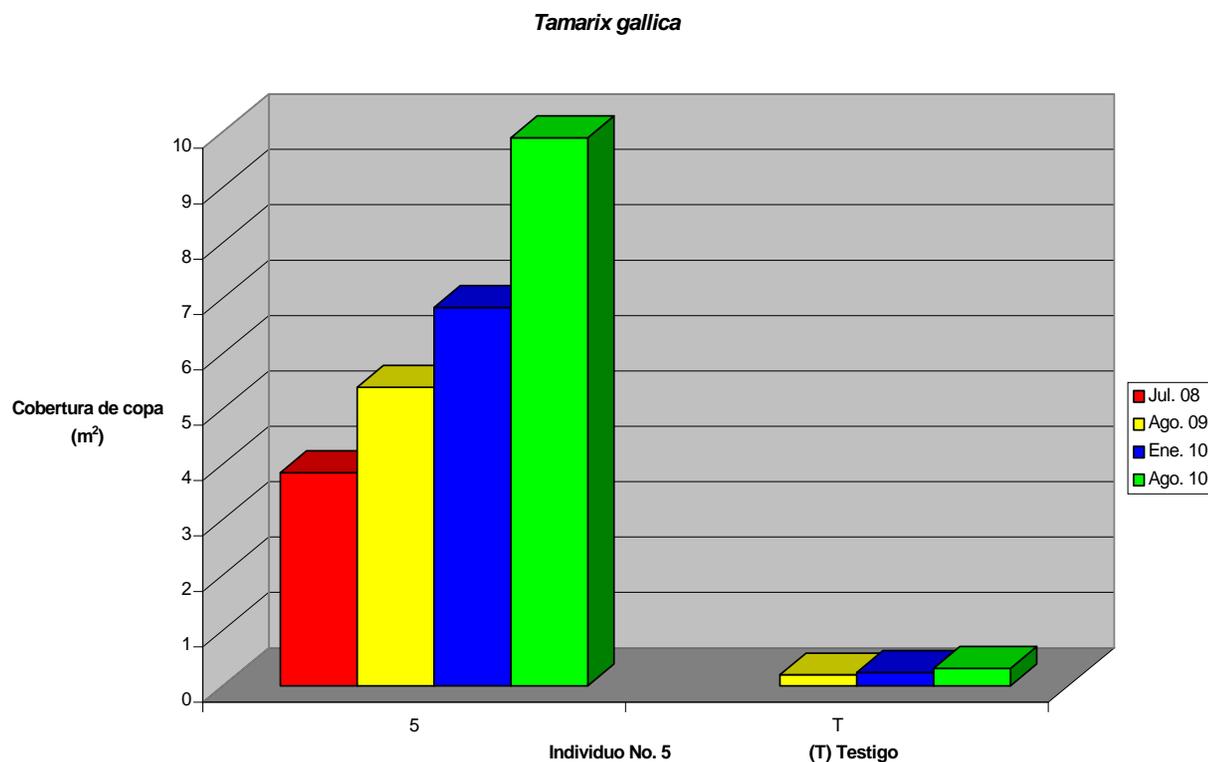


Figura No. 28: Cobertura de copa promedio del individuo 5, de julio 2008 a agosto 2010

Al estar en la zona húmeda, este individuo creció gradualmente de mejor manera que el testigo en todas las mediciones.

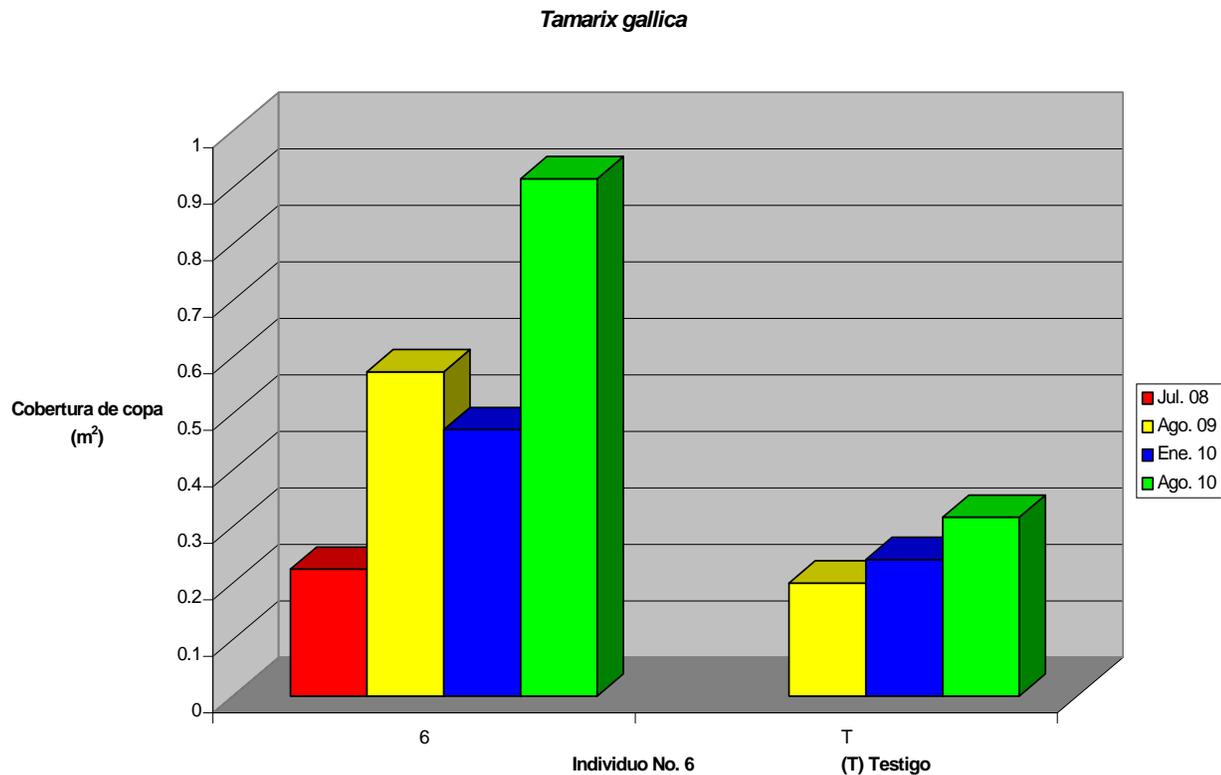


Figura No. 29: Cobertura de copa promedio del individuo 6 de julio 2008 a agosto 2010

En la época invernal perdió cobertura, recuperándose en las posteriores mediciones superando al testigo.

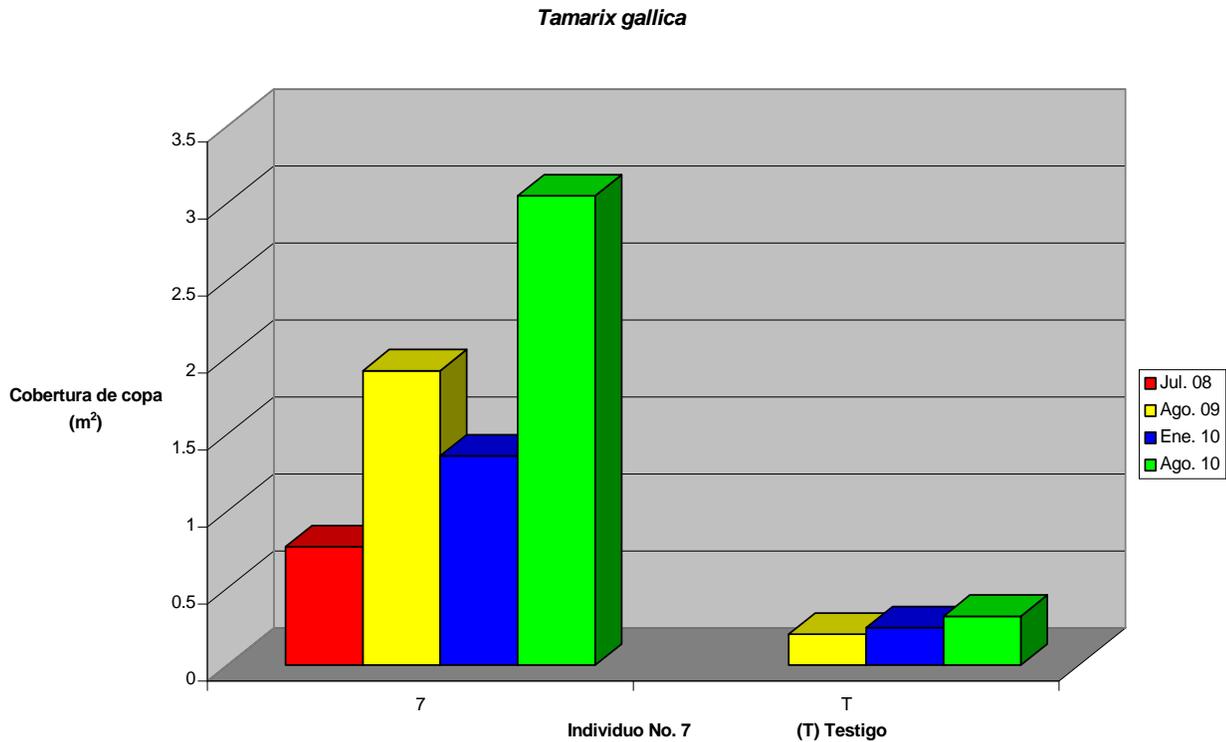


Figura No. 30: Cobertura de copa promedio del individuo 7, de julio 2008 a agosto 2010

En la época invernal perdió cobertura, recuperándose en las posteriores mediciones superando al testigo.

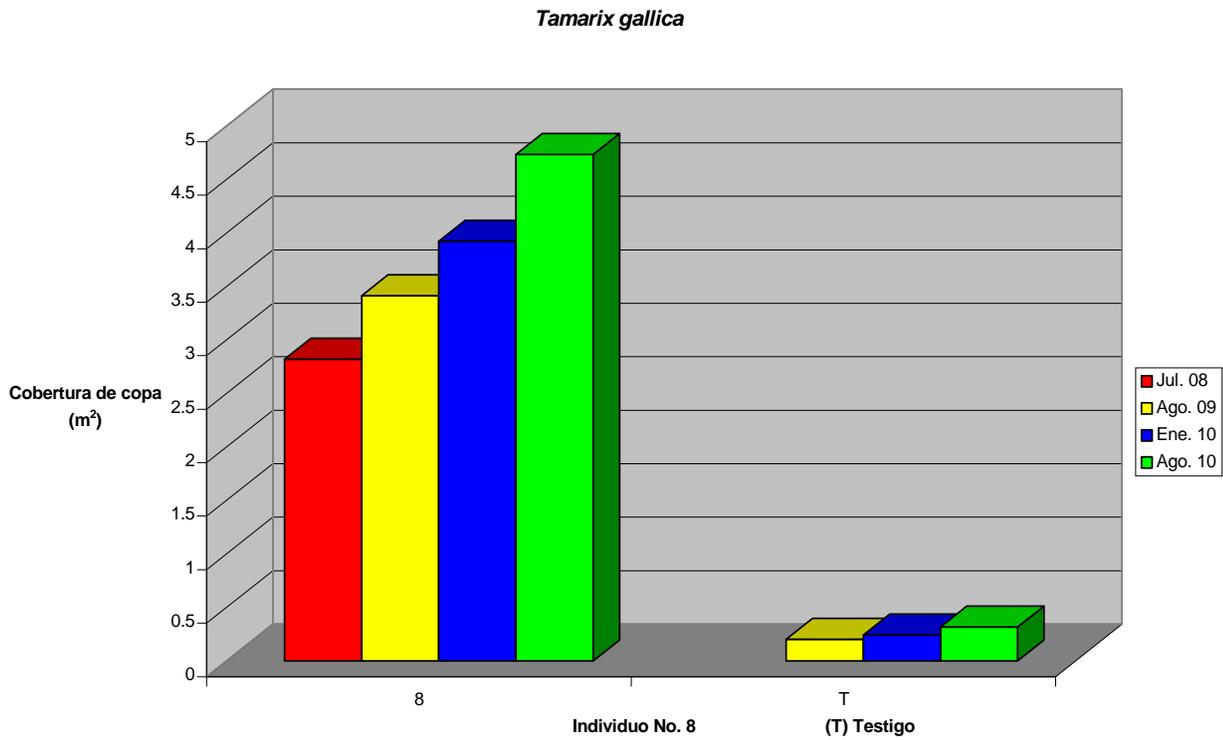


Figura No. 31: Cobertura de copa promedio del individuo 8, de julio 2008 a agosto 2010

Tuvo un crecimiento gradual de cobertura, superando por periodo de medición al testigo.

Nerium oleander

Gráficas con respecto a la altura

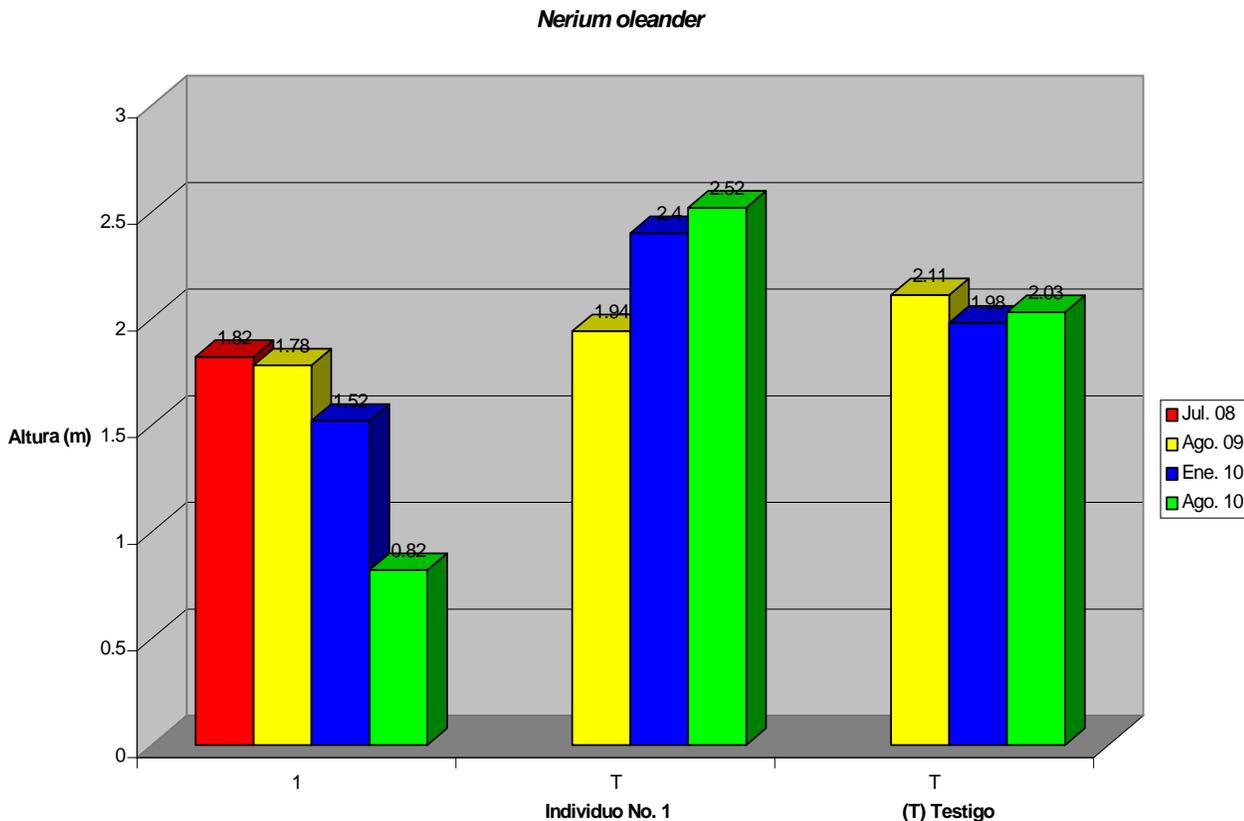


Figura No. 32: Altura promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010

Al ser afectado por el incendio en el 2009 su tallo principal fue decreciendo hasta morir, dando paso a los rebrotes que alcanzaron en las posteriores mediciones los 0.82m, el primer testigo creció de manera gradual y el numero dos fue afectado por la poda.

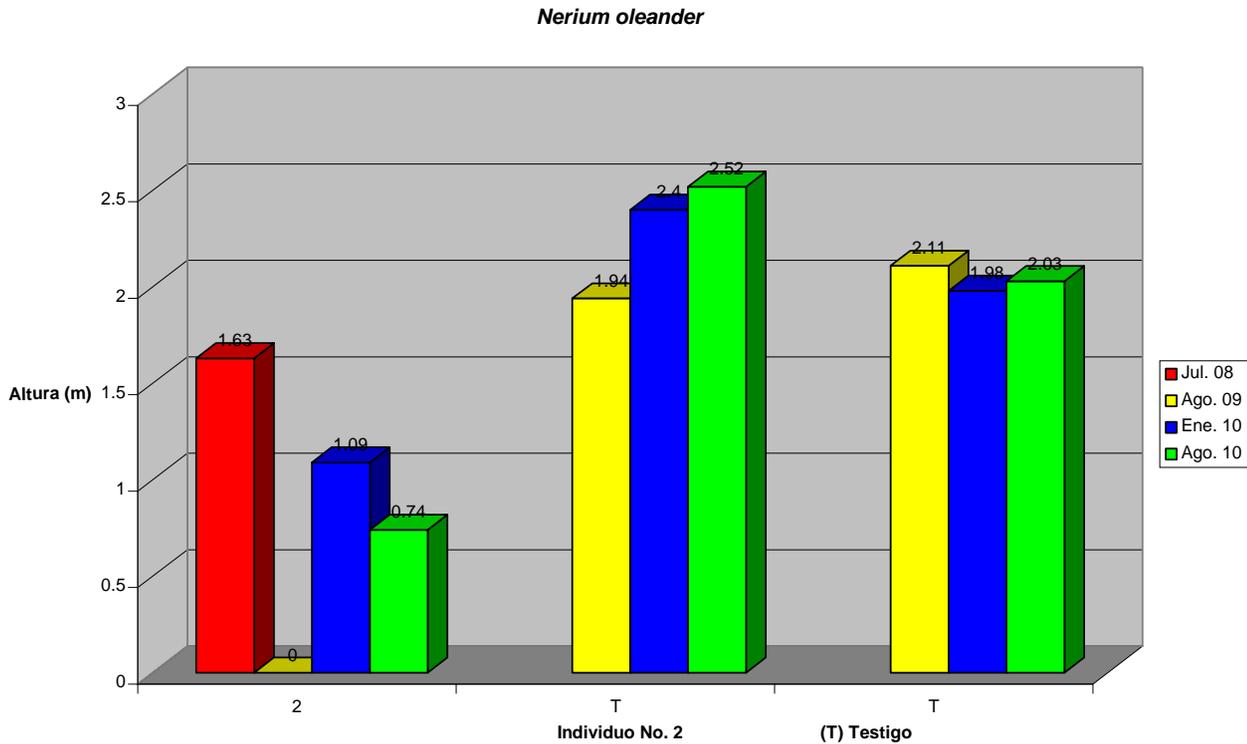


Figura No. 33: Altura promedio del individuo 2, de julio 2008 a agosto 2010

Después del incendio, este individuo fue severamente afectado desapareciendo la parte superficial, en las posteriores mediciones se desarrollaron rebrotes de la base del tallo, en la última medición disminuyó altura debido al vandalismo.

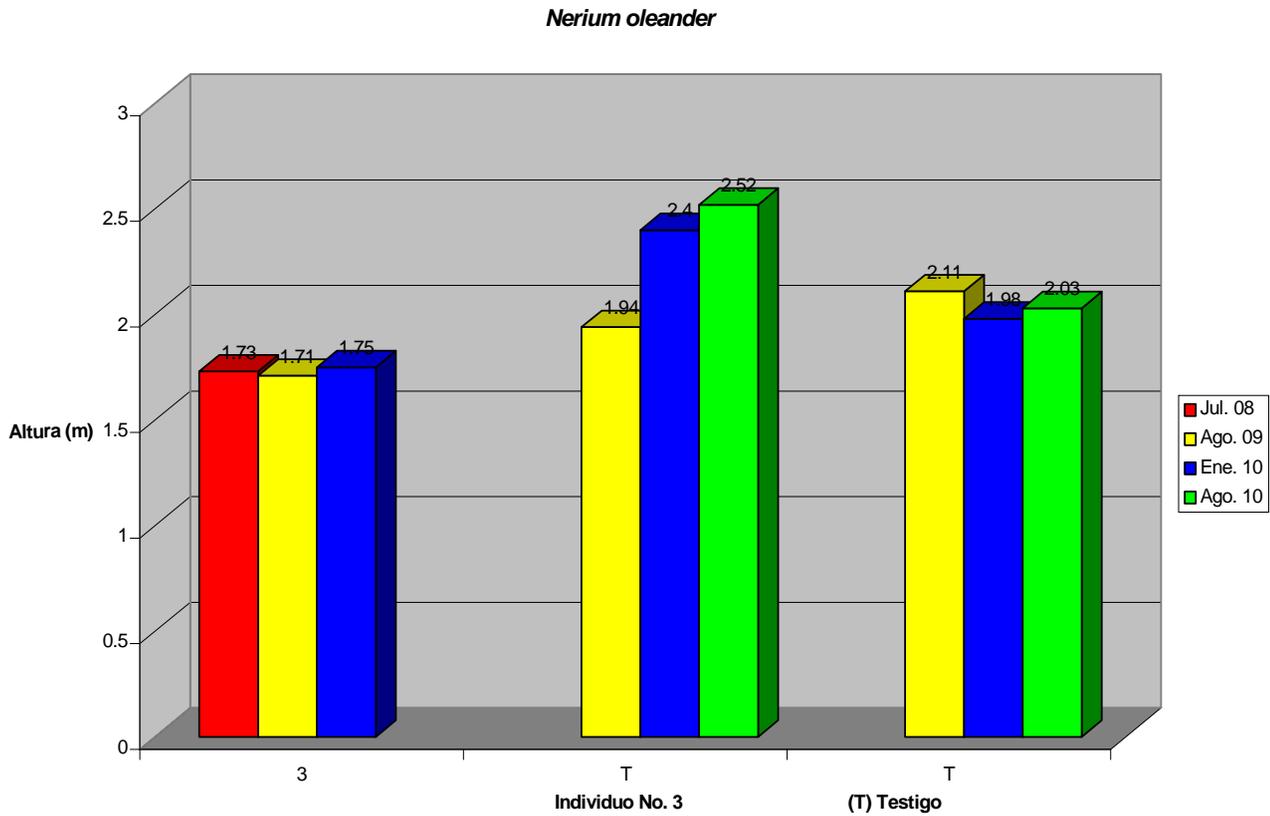


Figura No. 34: Altura promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010

Al no ser afectado por el incendio creció gradualmente, en la última medición debido a la maleza no fue localizado y en comparación con los testigos estos lo superaron.

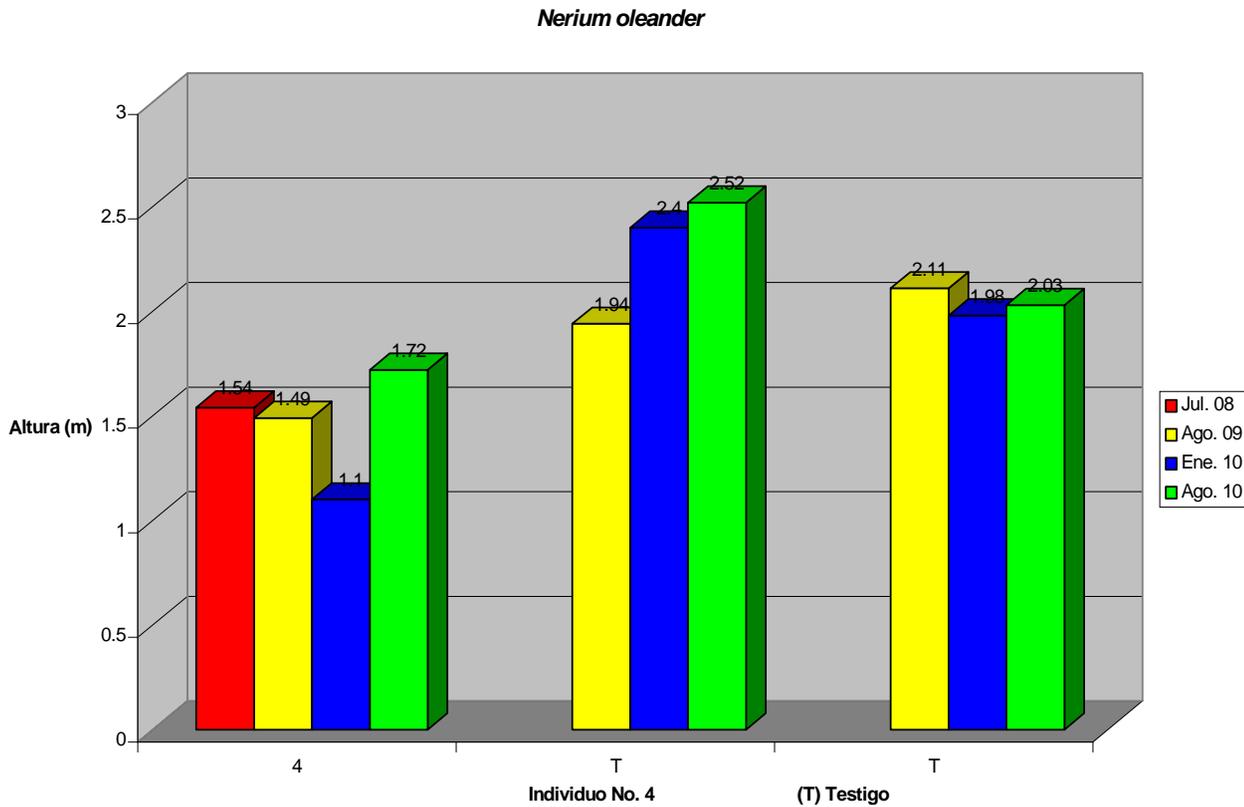
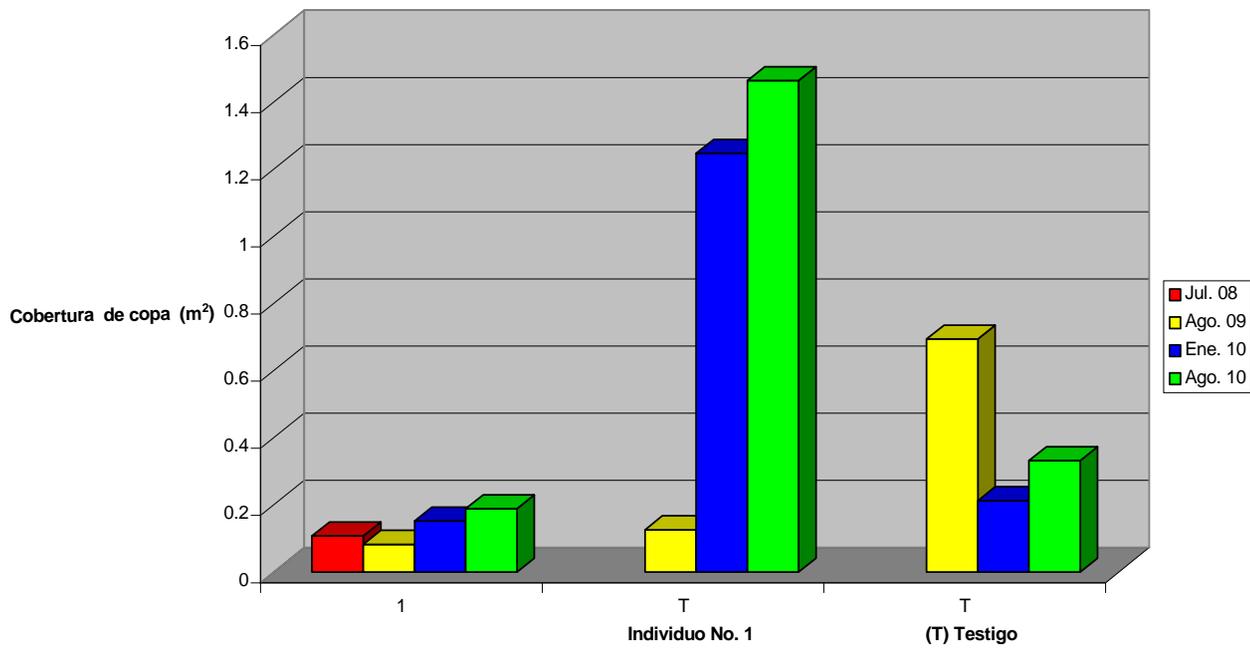


Figura No. 35: Altura promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010

En la época invernal perdió altura, recuperándose para la última medición, superando su altura inicial y siendo menor su crecimiento que los testigos.

Gráficas con respecto a la cobertura de copa

Nerium oleander



Fi

gura No. 36: Cobertura de copa promedio del individuo 1, de julio 2008 a agosto 2010

El incendio afecto su desarrollo para mediados del 2009, superando su cobertura inicial en la última medición, aunque fue superado por los testigos.

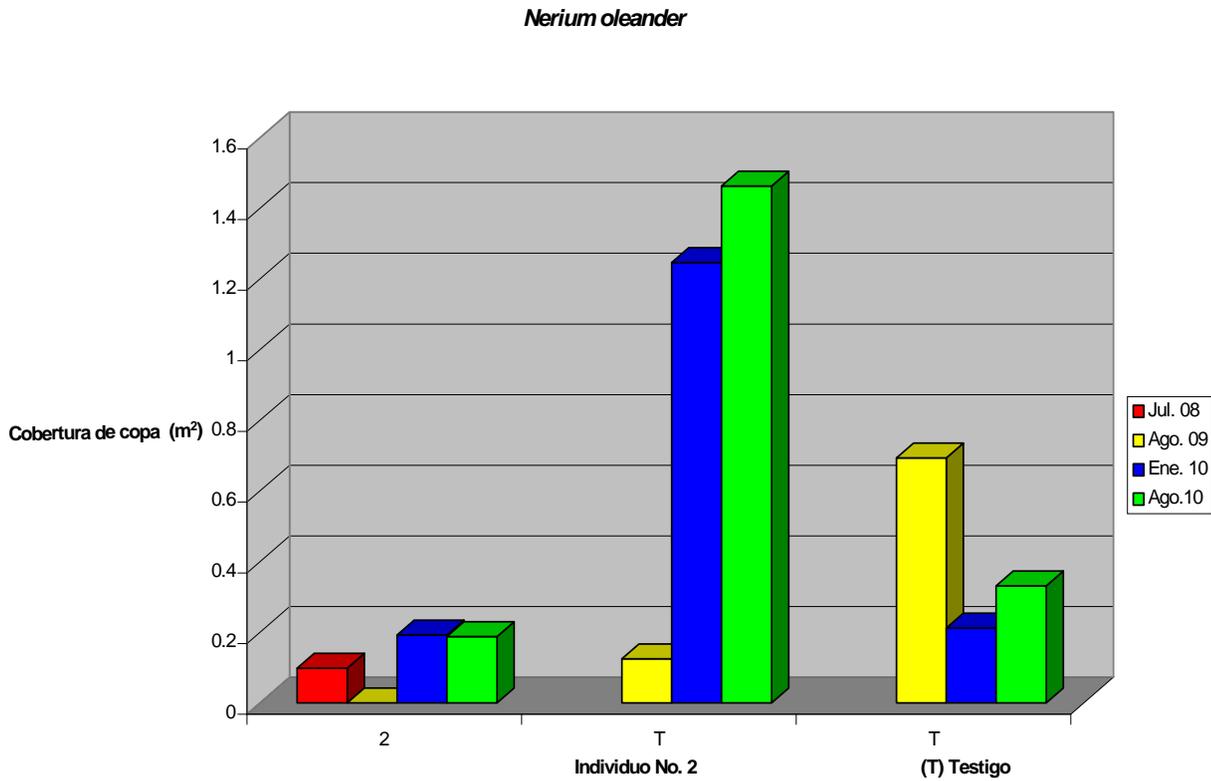


Figura No. 37: Cobertura de copa promedio del individuo 2, de julio 2008 a agosto 2010

Debido al incendio perdió la parte superficial, para las posteriores mediciones surgieron rebrotes de la base del tallo, permitiéndole superar su cobertura inicial, aunque no superó a los testigos.

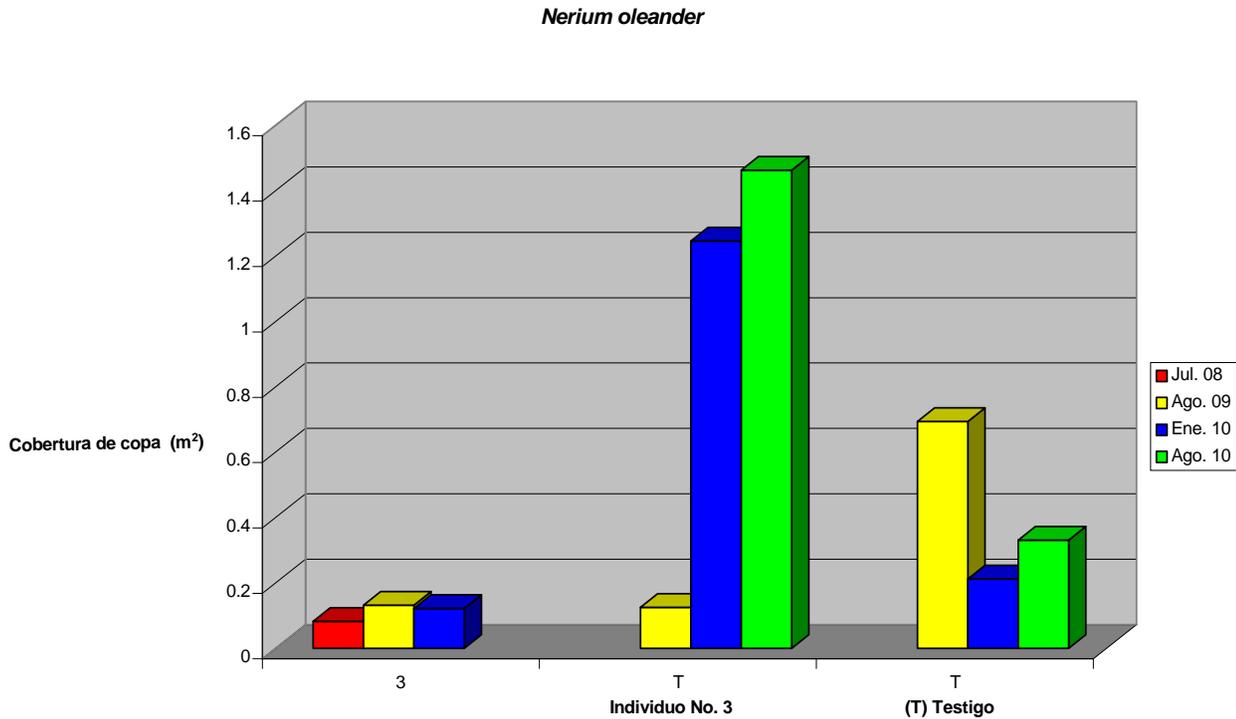


Figura No. 38: Cobertura de copa promedio del individuo 3, de julio 2008 a agosto 2010

La cobertura tuvo poca variación y para la ultima medición la maleza dificultó la localización del individuo, se puede observar un crecimiento mayor en los testigos.

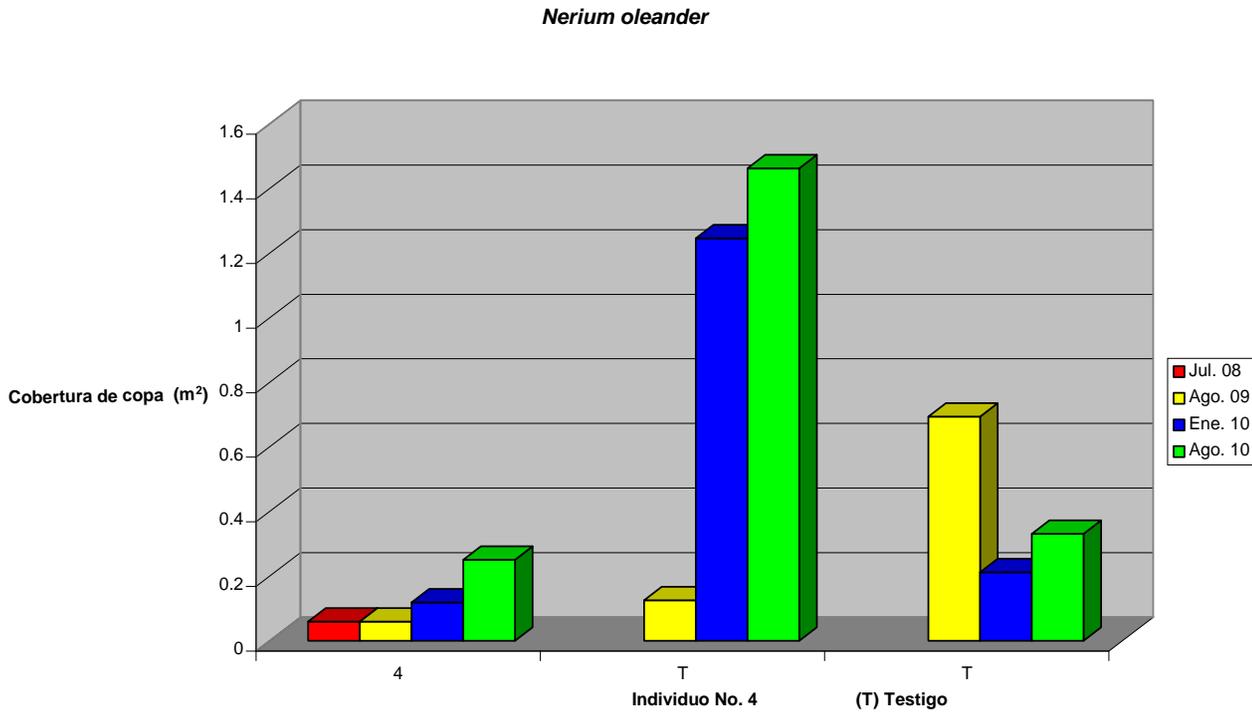


Figura No. 39: Cobertura de copa promedio del individuo 4, de julio 2008 a agosto 2010

El crecimiento fue gradual de este individuo, viendose superado por los testigos.

Kalanchoe blossfeldiana

Gráfica con respecto a la altura

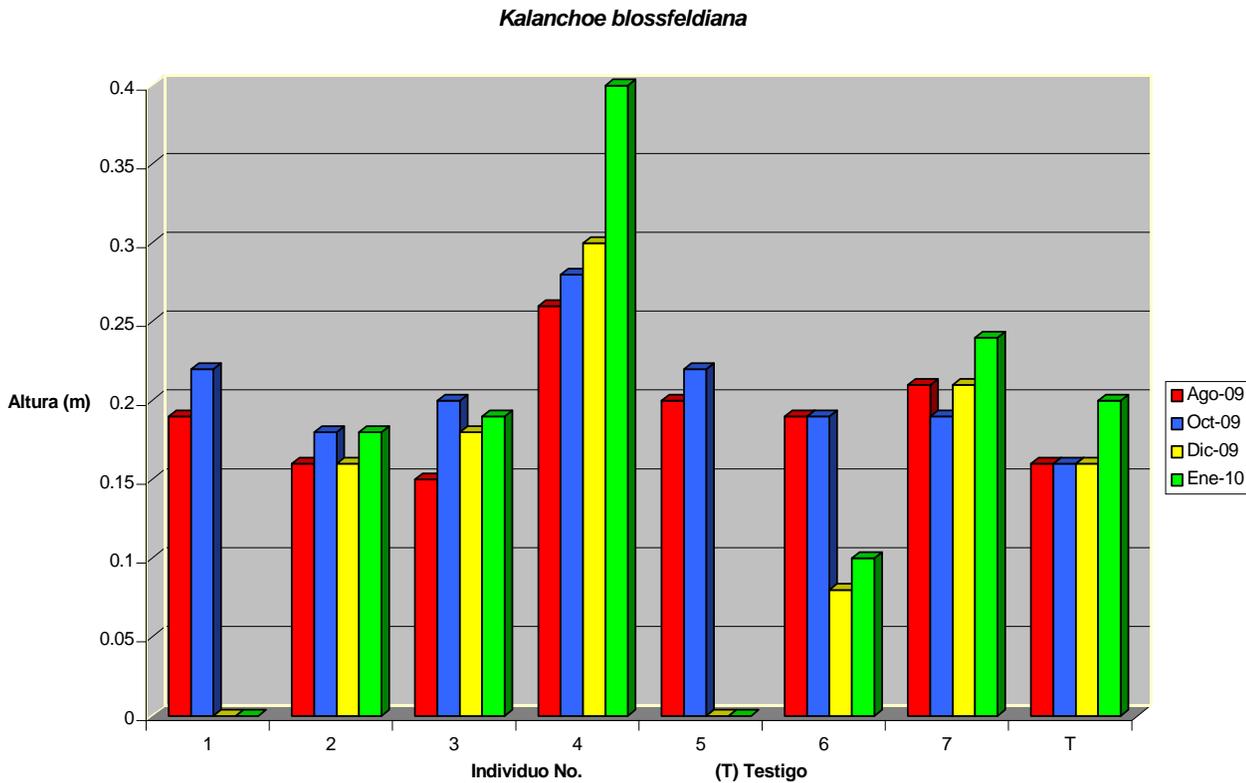


Figura No. 40: Altura promedio, de julio 2008 a enero 2010

El individuo 1 y 5 fueron objeto de robo, la mayoría de estos sufrió un decrecimiento para diciembre del 2009 debido a la época invernal, los individuo 4 y 7 superaron al testigo.

Gráfica con respecto a la cobertura de copa

Kalanchoe blossfeldiana

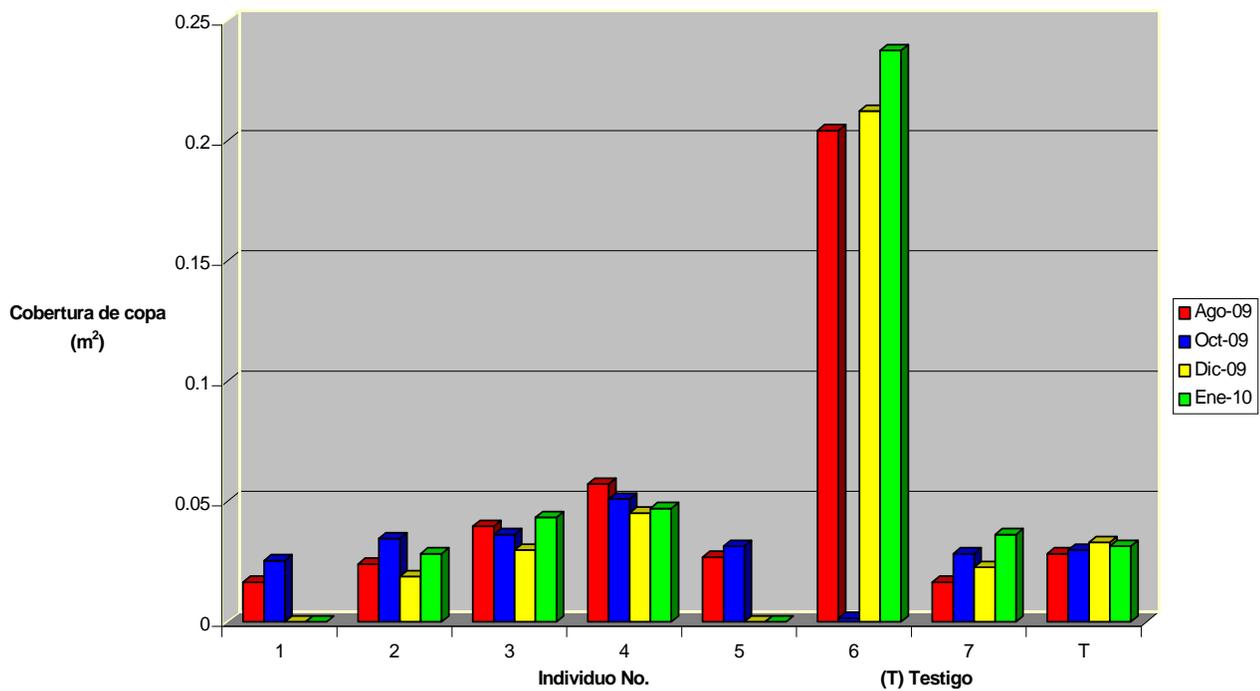


Figura No. 41: Cobertura de copa promedio, de julio 2008 a enero 2010

Los individuos 1 y 5 fueron objeto de robo, la mayoría de estos perdieron cobertura en la época invernal, el testigo aumentó su cobertura en invierno y se vio superado por la mayoría de los individuos.

X - ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1 ANÁLISIS GENERAL DEL SUSTRATO TECNOSOL

El suelo es de origen antrópico proviene de restos de excavaciones y de la industria de la construcción esto indica que el suelo es muy heterogéneo, el muestreo en el sitio fue al azar se analizaron 25 muestras simples de las cuales se trabajaron con dos repeticiones de cada muestra. Todas las técnicas fueron estandarizadas para cada uno de los parámetros en el laboratorio de Contaminación Atmosférica de la FES Zaragoza. Para una mejor interpretación se relacionaron los parámetros físicos y químicos.

El suelo está compuesto de diversos materiales coloridos, y varía de color tanto vertical como horizontalmente, al estar perturbado no se puede inferir su composición, hay algunas zonas del sitio donde se presentaban partes moteadas de color oscuro, mostrando condiciones anoxicas (reductoras). García y Munguía en el 2000 encontraron colores grises hasta marrones muy oscuros; López y Pérez en el 2003 reportaron una tonalidad que va de negro a café grisáceo muy oscuro; Duarte en el 2005 registro de grises a pardos predominando los colores grises oscuros y grises muy oscuros; mientras que Gómez en el 2008 reportó que el color va de café claro hasta café oscuro. Actualmente predomina el marrón grisáceo, marrón amarillento y negro, tomando en cuenta que desde el 2008 hasta la fecha predominan los marrones, lo asociamos a la gran cantidad de tepetate que se introdujo en la parcela experimental.

El porcentaje de pedregosidad ha ido disminuyendo a través del tiempo, los valores encontrados en el 2000 por García y Munguía van de 27% hasta 60% y nosotros encontramos que van del más bajo con 14.17% al más alto 47.39%, esto nos muestra que el suelo contiene diferentes materiales de origen que limitan la absorción de nutrimentos y establecimiento de las especies, constituyendo una barrera física para el buen desarrollo de las raíces, y al estar expuesto al intemperismo físico se ha degradado provocando una clase textural migajón-arenosa la cual ha dominado en los últimos años según Duarte en el

2005; Gómez en el 2008 y nosotros encontramos que predomina esa clase textural en un 88%, migajón arcilloso arenoso en un 8% y arena mijagonosa en un 4%. Según la NOM-021-RECNAT-2000, tiene un buen drenaje, un lento crecimiento radicular debido a la baja disponibilidad de nutrimentos y a que la capa de recubrimiento es de 30 cm dando paso a la columna de basura.

Con respecto a la CICT según la NOM-021-RECNAT-2000, el 76 % de las muestras presentó una CICT alta, el 16% media y solo el 8% es muy alto. Con valores que van de 17 a 51.2 cmol Kg⁻¹. Todo esto nos indica que la reserva nutrimental y de retención de contaminantes es muy grande, concordando con la gran cantidad de arcilla que tienen nuestras muestras catalogadas de medio a alto de 6.64 a 25.36%.

El porcentaje de materia orgánica es uno de los parámetros que más ha variado en los análisis ya hechos, esta variación es debida a que las muestras fueron tomadas en diferentes época de año y lugar de muestreo. García y Munguía en el 2000 reportan un valor que va de 11.59 a 16.88%; López y Pérez en el 2003 reportan un valor que va de 2.1 a 6.6 %; Duarte en el 2005 reportó un rango de 1.20 hasta 10.30%; Gómez en el 2008 reporta valores de 1.7 a 2.4% y los valores del presente trabajo van de 0.48% a 8.69%, pero en su mayoría predomina un porcentaje medio. Según la NOM-021-RECNAT-2000. Estos porcentajes de MO facilitan la retención de agua, nutrientes, evita que la CICT disminuya, dando más posibilidades a las especies de resistir a los cambios de temperatura y a la escasez de agua. Además de tomar en cuenta que el sitio está cubierto por diferentes especies de gramíneas, herbáceas y ha sido abonado en una ocasión con caballaza.

En cuanto a la salinidad del suelo, García y Munguía en el año 2000 obtuvieron valores que van de 0.3796 dSm⁻¹ a 14.6500 dSm⁻¹; López y Pérez en el 2003 reportan una conductividad de 0.73dSm⁻¹ a 1.48 dSm⁻¹; Duarte en el 2005 reporto un valor de 0.0114 dSm⁻¹ a 3.3736 dSm⁻¹ y nuestros valores van de 0.01dSm⁻¹ a 0.18dSm⁻¹.

El sustrato tiene muy bajas cantidades de salinidad según la NOM-021-RECNAT-2000; el suelo según su textura al ser en su mayor parte arenoso permite que las sales se lixivien cuando llueve o se riega por eso, la salinidad ha ido disminuyendo a lo largo de los años, y al ser un suelo con pH básico las sales no se encuentra en forma iónica en la solución acuosa del suelo, están formando carbonatos, fosfatos etc. En cuanto a la presencia de carbonatos Gómez en el 2008 reportó presencia alta de carbonatos; en nuestro análisis de 25 muestras 7 presentaron actividad alta y 9 actividad media, 6 baja y 3 no reaccionaron al ácido clorhídrico.

La presencia de carbonatos se debe a que se utiliza comúnmente el carbonato de Calcio (caliza) en la industria de la construcción y es un residuo presente.

El pH real con relación 2:1 porque el suelo es muy heterogéneo y se aseguró que este se saturara, los resultados arrojados van de neutro hasta fuertemente alcalino, el mínimo reportado es 6.8 hasta 8.6 el más alto, en promedio es medianamente alcalino. Otros estudios de pH como en el sitio también reportaron valores altos; García y Munguía en el 2000 de 7.49 a 9.13; López y Pérez en el 2003 de 6.73 a 7.97; Duarte en el 2005 de 6.83 a 8.02 y Gómez en el 2008 de 7.18 a 8.4. Se puede observar claramente que a través del tiempo el pH ha tendido a básico, esto debido a la presencia de materiales de diferente índole, que aportan diferentes concentraciones de sales, el suelo al ser alcalino provoca que ciertos minerales no puedan ser absorbidos y utilizados por la planta, limitando el desarrollo de estas.

10.2 ANÁLISIS GENERAL DE LAS ESPECIES

La mayoría de las especies introducidas en el sitio se desarrollaron de mejor manera a pesar de las condiciones adversas y una gran heterogeneidad del suelo, que los testigos ubicados en la FES Zaragoza, a excepción de la especie *Populus alba* que solo sobrevivió el testigo.

Kalanchoe blossfeldiana: Los individuos fueron seleccionados basados en la norma NADF-006-RNAT-2004 que establece las características mínimas que deben cumplir las especies. Esta especie se pudo establecer en 6 meses, salvo 2 individuos en campo que fueron objeto de robo a los 3 meses de estar introducidos, las que quedaron mostraron un crecimiento gradual tanto en altura como en cobertura de copa, actualmente solo sobreviven 2 individuos ya que los demás han sido extraídos del sitio por vandalismo y poda excesiva.

En la figura 40 y 41 se muestra como los individuos aumentaron su crecimiento en el periodo del 2010, al igual que las demás especies, por lo cual se establece que las condiciones del sitio fueron muy favorables hacia este año, debido al periodo de lluvias en el 2010 y que no hubo ningún incendio hasta esa fecha.

Para el individuo 1 y 5 se registró hasta la segunda medición ya que fueron objeto de robo, se observó que la altura y cobertura incrementaron.

Se puede observar que todos los individuos sufrieron un cese de crecimiento en altura o cobertura en el mes de diciembre del 2009, como reacción a la helada: estos fueron afectados de diferente manera en el invierno, el individuo 2 y 3 sufrió decrecimiento de altura y cobertura; más sin embargo el 4 solo decreció en su cobertura y mantuvo un crecimiento positivo en la altura; en el caso del 6 perdió su cobertura para octubre del 2009, solo quedando en el tallo principal para posteriormente recuperarse en invierno; y el 7 recuperó su altura inicial y perdió cobertura. (Fig. 40 y 41)

El testigo incrementó su altura en enero del 2010, aunque se detuvo un poco en la época invernal.

En las gráficas observamos que en el mes de enero el 2010 la mayoría de los individuos recuperaron altura y cobertura. (Fig. 40 y 41)

Solo el individuo 6 no ha recuperado aun su altura inicial y el individuo 4 no ha recuperado su cobertura inicial, de forma general se puede observar que esta especie es tolerante a las bajas temperaturas porque las que fueron afectadas lograron recuperarse favorablemente. (Fig. 40 y 41)

En la biología de la especie, Meyran y López (2003), menciona que esta especie resiste las épocas de frío mientras no sean heladas, lo cual corrobora lo que ocurrió en la parcela experimental.

Tamarix gallica: Esta especie mostró un buen desarrollo y sobrevivencia al 100% en el sitio, durante 12 mediciones a lo largo de 2 años se mantuvo en constante crecimiento basándonos en la altura y la cobertura de copa. Cabe mencionar que se corroboró lo que menciona su biología, tiene alta tolerancia a suelos alcalinos y a las sequías.

Las especies dificultaron su desarrollo al tener un suelo carente de condiciones óptimas, cuando se realizaron los análisis al suelo encontramos que el pH oscilaba entre el neutro y fuertemente alcalino, según Rendind y Howard en 1989 mencionan que los pH elevados en el suelo reducen la solubilidad y disponibilidad de los nutrimentos esenciales, esto explica por que todos los individuos presentaron clorosis que es producida principalmente por la deficiencia de hierro entre otros elementos (Russell y Russell, 1968).

Factores externos que afectaron el desarrollo de los individuos es la presencia de los incendios provocados, el vandalismo y la poda excesiva en el caso de los testigos.

El testigo presentó un crecimiento gradual tanto en la altura con 0.6 cm de aumento en promedio por año y la cobertura de copa con un aumento de 0.25cm por año, lo que no sucedió en la zona de estudio.

Los individuos 5 y 6 resultaron muy afectados por el incendio de Junio 2009, y en las posteriores mediciones mostraron una recuperación en altura y cobertura. (Fig. 20, 21)

En enero del 2010 la cobertura de los individuos 1, 2, 4, 6 y 7 descendió debido a la época del año y al igual que los afectados por el incendio lograron recuperarse posteriormente. Para esa misma fecha la mayoría mantuvo un crecimiento gradual en la altura, salvo los individuos 3, 7 y 8. (Fig. 16 – 31)

De los 8 individuos que se introdujeron en la parcela experimental solo el número 4 y 6 no crecieron exponencialmente en el 2010. (Fig. 19, 21)

La mayoría de los individuos a pesar de haber sido afectados en altura y cobertura, ya sea por el incendio o por la época del año lograron recuperarse, excepto el individuo 4 que perdió 2.59m² de cobertura de copa para Agosto del 2010, siendo que en su altura mostró un aumento de 25cm. (Fig. 27)

El individuo 6 registró una altura inicial de 1.55m y en la última medición 1.18m, teniendo una pérdida de altura debida a que el incendio afecto considerablemente su desarrollo. (Fig. 21)

Los demás individuos superaron su altura y cobertura inicial, demostrando la resistencia a zonas extremas de esta especie.

Nerium oleander: El 100% de estos individuos sobrevivieron, resultado de 12 mediciones a lo largo de 2 años, y para medir su crecimiento nos basamos en la altura y la cobertura de copa. Se comprobó la resistencia a las sequías y a las altas temperaturas que menciona su biología.

Algunos individuos fueron muy dañados por el incendio ocurrido en el mes de Junio 2009, esto ocasionó que la mayor parte de estos se quemaran, en las mediciones posteriores nos percatamos que surgieron esquejes y se tomó la cobertura de estos y la altura sacando un promedio e introduciéndolo en la grafica, esto corrobora lo ya mencionado en la biología de

la especie por Niembro en 1990, donde dice que su propagación es en verano y es por medio de esquejes.

Cabe mencionar que en la parcela experimental esta especie arbustiva creció como arbórea, es decir que cuentan con un tallo principal.

Después del incendio en la medición de agosto del 2009 la mayoría de los individuos fueron dañados en su cobertura y altura, a excepción del número 3 que fue el menos afectado, ya que solo perdió un poco de altura y posteriormente se recuperó y se mantuvo estable en su crecimiento, salvo en la ultima medición donde no se encontró por la gran cantidad de maleza en el lugar (Fig. 34 y 38).

En el caso del individuo 2 después del incendio desapareció la parte superficial, siendo que en los posteriores meses generó rebrotes, para enero del 2010 estos alcanzaron una altura de 1.09m (Fig. 33), en ese mismo periodo los individuos 1 y 4 decrecieron su altura y su cobertura aumentó. Para la última medición de agosto del 2010 todos los individuos recuperaron cobertura de copa sobrepasando la que tenían inicialmente, y en esta fecha el individuo 1 dio paso a rebrotes, ya que su tallo principal ya no pudo sobrevivir (Fig. 32).

Los testigos sobrepasaron la altura y cobertura de copa registrada por los individuos introducidos en la parcela experimental. El testigo No. 1 tuvo un óptimo desarrollo debido a que no fue objeto de poda, lo que afectó al testigo No. 2 que hasta Agosto del 2010 no ha recuperado su cobertura y altura inicial.

Populus alba: De los 2 individuos introducidos ninguno sobrevivió, el testigo fue el único que pudo establecerse. Si nos basamos en la biología de la especie tendría muchas posibilidades de establecerse, pero ya en el campo esta especie no logró soportar el estrés hídrico por escasez del agua en el sitio ya que la clase textural del suelo es migajón arenoso por eso no retiene el agua y Olivares en el 2002 menciona que las altas temperaturas también disminuyen la capacidad del suelo para retener agua, por lo que va a afectar a las plantas ya que es la principal reserva de agua.

Según el ministerio del ambiente y calidad de vida en Francia realizado en 1985 y la comisión de Comunidades Europeas en 1992 señalan como especies que podrían adaptarse a las condiciones de suelo que posee un relleno sanitario a *Populus nigra*, *Populus tremula*, L., que son del genero *populus*.

En otros países como Chile Szanto, 2007 menciona que en el ex vertedero la feria de Santiago de Chile hoy Parque Andre Jarlan, se ha observado una adaptación y crecimiento normal de: *Phornium tenax* (pita), Laurel de flor, *Malus baccata* (Manzano de flor), Vilca, *Crategus* y Alamo común entre otras, lograron un desarrollo en condiciones adversas de emanación de gases, escaso escurrimiento y drenaje del agua en algunos sectores.

XI - CONCLUSIONES

La heterogeneidad del suelo es horizontal y vertical debido a que es antrópico, lo que es producto de la mezcla de varios materiales donde se desarrolla la cubierta vegetal del sitio.

Las especies de *Tamarix gallica*, *Nerium oleander* y *Kalanchoe blossfeldiana* se pueden establecer a las condiciones del sitio, en mayor medida la especie *Tamarix gallica* porque a pesar del incendio logró reponerse.

La especie *Populus alba* no se logró adaptar a las condiciones del sitio, debido a la falta de riego.

La escases de agua ha sido la principal limitante desde la creación del parque.

XII - RECOMENDACIONES

Se recomienda que si se sigue trabajando en el sitio se tenga un mayor control para evitar robo e incendios, ya que esos factores perjudican el desarrollo de las especies y no permiten hacer la evaluación del establecimiento.

En los posteriores análisis recomendamos tomar en cuenta al sustrato donde se ubican los testigos.

El riego asistido es muy importante para el establecimiento de las especies, por lo que recomendamos que se establezca un acuerdo con las autoridades del sitio para llevar un riego controlado, con ello se evitaría dañar a las especies por estrés hídrico y la contaminación del manto freático por lixiviados.

XIII REFERENCIAS

13.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bailey, L. H. 1951. **Manual of cultivated plants**. Macmillan publishing company. New York. pp. 321, 678, 812.

Bidwey, R.G.S. 1979. **Fisiología vegetal**. AGT Editor, S.A. Primera Edición en español. pp.290.

Birchler, T; Rose, R. W; Royo, A; Pardos, M; 1998. **La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica** Invest. Agr. Sist. Recur. For. Vol. 7 (1 y 2). pp. 109-113.

Briz, J. 1999. **Naturación Urbana: Cubiertas Ecológicas y Mejora Medio ambiental**. Primera Edición. Ed Mundi-prensa. España. pp. 191-217.

Caceres, C. A. T. 2007. **Recuperación paisajística de vertederos de basura: un ejemplo de brownfields** cuadernos de geografía Bogotá Colombia. pp. 74-78.

Castillo, B. H. 1990. **La sociedad de la basura**. Ciencias (20). México, pp. 25-30.

Castillo G. M., 2007. **Laboratorio Integral de Biología Modulo de Edafología**. Mexico, pp. 1- 29.

CETENAL (Centro de Estudios del Territorio Nacional). 1978. **Carta Topografica, serie CETENAL**, Escala 1:50 000. Mexico.

Chanes, R. 2006. **Deondedron Árboles y arbustos de jardín en clima templado**, Ed. Blume, pp. 204 – 552.

Chapman H. D., Pratt F., 1991. **Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas**, Séptima reimpresión Ed. Trias. pp. 25.

Chistiansen, M. N. y Lewis, C.F. 1987. **Mejoramiento de Plantas en Ambientes poco Favorables**. Editorial Limusa, primera Edición. México. D.F. pp. 25, 125, 211, 212.

COCODA, 1986. **Comisión Coordinación Para el desarrollo y D. D. F.- Ecoguardas** pp. 599 – 614.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos Ed. Alco, 2006. México, pp. 97 y 102.

De Mei, M.; Di Mauro, M.; 2006. **Study of some characteristic mediterranean vegetation species best suited for renaturalization of terminal-phase municipal solid wasted (MSW) landfills in puglia (southern italy)** Acta oecologica 30. pp.78 y 84.

Duarte Z. V., 2005. **Establecimiento de la cubierta vegetal arbórea (con el genero Acacia) en un sitio de disposición final de post-clausura "Parque recreativo Cuitláhuac"**. Mexico. pp. 40, 65.

Ederra, I. A. 1996. **Botánica Ambiental Aplicada, las Plantas y el Equilibrio Ecológico de nuestra tierra**. Ediciones Universidad de Navarra, España. pp.124.

Estadísticas del medio ambiente, 1998. **Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente: 1995-1996**, INEGI, México, D.F., p.168.

Fitter A. H. and Hay R.M. 1991. **Enviromental physiology of plant** 2nd Edition. Academic Press. Great Britain. pp. 261.

Florisbela D. A., Wehenpohl G., 2001. **De pepenadores y tiradores el sector informal y los residuos sólidos municipales en México y Brasil** Gaceta Ecológica INE, (60) pp. 73 – 75.

Galván, V. A. López. V. L. y García A. M. 1995. **Caracterización del extiradero de Santa Cruz Meyehualco y su efecto en la vegetación utilizada en la forestación**, Boletín de investigación, Educación y Nexos, 2, (2): pp. 17-20.

García A. M. y Munguía C. A., 2000. **Evaluación del establecimiento *Senna didymobotrya* para la recuperación de la cubierta vegetal para sitios de disposición final post-clausura**. México, pp. 55 -60.

Gilman E., Flower F. B., Leone I. A., Arthur J. J., 1979. **Vegetation Growth in Landfill Envirous. Proceeding of the Fifth anual**. Research Symposium Municipal waste land disposal. pp. 7, 9.

Gómez, N. M. 2008. **Establecimiento de La cubierta vegetal con las especies de *Shinus molle L; populus Alba L., Ligustrum japonicum Thunb., y Fraxinus uhdei (Wenzig) Lingelsh*, en un extiradero a cielo abierto (parque recreativo cuitlahuac) y modelacion del establecimiento de plantas introducidas**, México D.F. pp. 66, 80, 84.

Gutiérrez E. M., 1990. **Los Residuos Sólidos Peligrosos ¿Un riesgo sin solución?** Ciencias (20). México, pp.31-36.

Hernández F. C., 2007, **Manejo de Residuos Sólidos en Ciudad Universitaria**, México, D.F. pp. 17 – 39.

INEGI, 2007. **Estadística a propósito del día mundial del medio ambiente datos nacionales**. México, pp.18-20.

INEGI, 1998. **Cuaderno Estadístico del Distrito Federal: Delegación Iztapalapa**, México, pp. 98.

INEGI, 1999. **Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana**. México, D.F., pp. 218.

Jiménez, B, C, 2001. **La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada**. Ed. Limusa. México. pp. 544 y 545.

Kiss, K. G. y Encarnación, A. G., 2006. **Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final** Gaceta Ecológica INE México D.F. (79) pp. 41- 50.

Kozlowski T. T., 1980. **Physiological ecology**, EUA, Ed. Academic Press, pp. 3 – 18.

Lanfranco, J.W; Marlats, R. M; Barridon, E; 1999. **Vertedero de residuos sólidos urbanos; pedogenesis comparada entre sitios de una plantación de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Y de vegetación herbacea naturizada** Invest. Agr: Sist. Recur. For. vol. 8 (2), pp. 294-296.

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 D.F., pp. 123.

Leone, I.A; Gilman, E.F; Telson, M.F; Flower, F.B; 1980. **Selection of trees and planting techniques for former refuse landfills** New Jersey Agricultural Experiment Station, Cook College, New Brunswick New Jersey 08903. METRO TREE impr. Aliance (metria) proc. 3. pp. 108 y 112.

Ley Ambiental del D.F. 13 de enero del 2000. Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, Asamblea Legislativa del Distrito Federal. pp. 64 Y 66.

Ley General Para la Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) (publicada en el D. O. F. el 8 de octubre del 2003).

Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente (LGEEPA), (Publicada en el D.O.F. de fecha 28 de enero de 1988) pp. 71-78.

Ley de Residuos Sólidos del DF (Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 22 de abril de 2003).

López, M. G. y Pérez, M. C., 2003. **El género Acacia, una alternativa para recuperar la cubierta vegetal arbórea en el sitio post-clausura parque Cuitláhuac de Santa Cruz Meyehualco.** México. pp. 24 – 32.

López D. R., 1990. **El impacto de los desechos sólidos sobre el Medio;** Ciencias. México, pp. 37, 41.

Martínez, G. L., 2008. **Arboles y áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su zona metropolitana,** fundación Xochitla, A.C. pp. 403-407 y 463-467.

Meyran, G. J. y López, C. L., 2003. **Las crasuláceas de México. Sociedad Mexicana de cactología.** 1ra. Edición. Mexico. pp. 10.

Monroy, S. S., 2006. **Los residuos sólidos en el Distrito Federal una propuesta de aprovechamiento.** pp. 70 – 85.

Muñoz, I. D. J. Mendoza, C. A. López, G. F. Soler, A. A. y Hernández, M. M. M., 2000. **"Edafología. Manual de Métodos de Análisis de Suelo"**. FES-Iztacala (UNAM). pp. 67-68.

Mutasem El-Fade; Angelos N. Findikakis and James O. Leckie; 1997. **Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling.** Journal of environmental management, Stanford University, California, U.S.A. 50, pp. 11.

Navarrete, G. M., 2005. **Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales.** México, D.F. pp. 1, 45, 47.

Niembro, R. A., 1990. **Árboles y arbustos útiles de México naturales e introducidos,** Ed. Limusa, México. pp. 107, 78, 195.

Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-001-RNAT-2006, que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el Distrito Federal.

Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-006-RNAT-2004 establece los requisitos, criterios, lineamientos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, personas físicas o morales que realicen actividades de fomento, mejoramiento y mantenimiento de áreas verdes públicas.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. (Aprobada el 14 de agosto del 2001).

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.(Publicada en D.O.F el 23 de junio del 2006).

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción,

operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial., Legislación: Federal., (publicada en el D.O.F el 20 de octubre del 2004).

Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal.

Olaeta, C. J., Raúl, E. A., Marcel, S. N. y Juan, P. G., 1997. **"Experiencias de reinserción de vertederos mediante la implantación de una cubierta vegetal"**, XII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Chile. pp. 2-3.

Olivares, E., Peña, E. y Aguilar, G., 2002. **Nutrición mineral y estrés oxidativo por metales en espinaca y lechuga, en comparación con dos malezas asociadas, en cultivos semi-urbanos.** INCI, Set, Vol. 27, No. 9, pp. 454 – 464.

Origel, G. M., 2001. **Hacia un manejo integral en los residuos sólidos en la zona urbana del valle de México** UNAM, México, pp. 1-38.

Osorio B. O., Valiente B. A., Dávila P., Medina R. 1996. **Tipos de vegetación y diversidad en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México.** Bol. Soc. Bot. México No. 59, pp. 40.

Parker, R. 2000. **La Ciencia de las Plantas.** Ed. Paraninfo, Thompson Learning. Madrid, España. pp. 156 y 158.

Pastor, J; y Hernández, A. J; 2002. **Estudios de suelos de vertederos sellados y de sus especies vegetales espontaneas para la fitorrestauracion de suelos degradados y contaminados del centro de España** anales de biología 24, pp.146 y 149.

Rending, V. and Howard, M., 1989. **Principles of soil interrelationships**, McGraw Hill. USA, pp. 287.

Ríos, G. R., 1985. **Material didáctico de laboratorio integral de biología IV: Practicas del modulo de edafología séptimo semestre**, FES Zaragoza, México, D.F. pp. 10, 40.

Rondon, J. A; y Vidal, R; 2005. **Establecimiento de la cubierta vegetal en áreas degradadas (principios y métodos)**. Rev. For. Lat. Numero 38, pp. 66-71.

Russell, E.J. y E, W. Russell. 1968. **Las Condiciones del Suelo y el Crecimiento de las Plantas**. Cuarta Edición. Ed. Aguilar. Madrid, España pp. 615-617.

Salisbury B. F., 1996. **Units, symbols, and terminology for plant physiology**, New York, Oxford University, pp. 143 – 157.

SECRETARIA DE ECOLOGIA. **Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México**. México, pp. 27-46.

SEDESOL, 1998. **Manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto**. México, pp. 19, 20,74.

SEDESOL, 2005. **Metodología para el desarrollo de un proyecto de biogás Programa hábitat de México**. México, pp. 3-22.

SMA, 2001. Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental del Agua, Suelos y Residuos, **El PET y su situación actual en el Distrito Federal**. México, pp. 4-13.

SEMARNAT, 2001. **Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales**, México. (198), pp.66.

SEMARNAT, 2003. **Manual de manejo adecuado de residuos sólidos**, segunda Edición. México, pp. 17,18, 26.

SEMARNAT, 2004. **Manual de manejo adecuado de residuos sólidos**, segunda Edición. México, pp. 17,18, 26.

SEMARNAT, 2005. **Manejo integral de los residuos sólidos**. México, pp. 57- 104.

SEMARNAT. 2006. **Diagnostico básico para la gestión integral de residuos**, Ed. del deporte mexicano, México, pp. 97, 98, 110.

SEMARNAT, 2007, **Políticas y estrategias para la prevención y gestión integral de los residuos en México**, México, pp. 10.

Steward F. C., 1991. **Plant physiology**, EUA. Academic Press, pp. 112 – 140.

Suttcliffe, J., 1979 (a). **Las plantas y su temperatura**. Cuadernos de Biología, Ed. Omega, Barcelona. México, pp. 63, 283.

Sutcliffe, J. 1979 (b). **Las plantas y el agua**, cuadernos de biología, Ediciones Omega, Barcelona. pp. 49.

Swenson, L., Dahnke, W. and Patterson, D. 1984. **Sampling for soil testing**. North Dakota State University, Dept. of Soil Sci., Res. Report N° 8.

Szanto, N. M., 2007. **Diseño de plan de cierre y rehabilitación de áreas utilizadas como vertederos o rellenos sanitarios**. V11 congreso internacional en disposición final de residuos sólidos y perspectivas ambientales. Colombia. pp. 12-13.

Thompson, L. M. y Troeh, F. R. 1982. **Los Suelos y su Fertilidad** Cuarta Edición. Ed. Reverte. España. pp.13 Y 14.

Valladares, F. Vilagrosa, A. peñuelas, J. Ogaya, R. Camarero, J J. Corcuera L, Siso S. y Gil P E. 2004. **Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante**. Ministerio de ambiente, EGRAF, S.A; Madrid. pp.165.

13.1 REFERENCIAS ELECTRONICAS

CICEANA. 2010. Centro de información y Comunicación Ambiental de Norte América, A.C. < www.ciceana.org.mx > 15 – Diciembre – 2010 15:36 hrs.

Instituto Nacional de Ecología, 2005, Los sistemas de aseo urbano en México.

< <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/133/sistemas.html> > 6- Diciembre- 2010 02:20 p.m.

The International Plant Names Index (IPNI).

< www.IPNI.org > 4 - Diciembre – 2010 15:40 hrs.

INEGI

http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/mexvista/2010/mex_2010.pdf 22 – Marzo – 2011.

SEMARNAT

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeiainforme_2008pdfcap_7_residuos.pdf 22 – Marzo – 2011.

XIV ANEXOS

Anexo 1 Experiencias en el manejo de residuos sólidos

En México, es recurrente acudir a modelos acuñados en otros países que cuentan con una infraestructura para desarrollar investigación y plantear alternativas. La dificultad al adoptarlos y tratar de hacerlos funcionales radica en que la mayoría de la información que se produce, así como las soluciones que se proponen, están elaboradas y surgen de sociedades y situaciones diferentes la mayoría de ellas vienen de Europa o Estados Unidos, y es indudable que las circunstancias económicas, políticas, sociales y culturales en las que se desarrollan en estos lugares, no son iguales a las nuestras.

En la América Latina ciudades como Guayaquil (Ecuador), la Habana (Cuba), Santiago (Chile) y Bogotá (Colombia) tiene una cobertura de recolección y disposición final de los residuos sólidos del 100%, tomando en cuenta que el rango entre su número de habitantes va de 2.0 a 5.3 millones de habitantes. Las ciudades brasileñas de Brasilia, Rio de Janeiro y el Área Metropolitana de Sao Paulo tienen una cobertura del 95%. En Argentina, Buenos Aires y sus 12 millones de habitantes cuenta con una cobertura del 91% en el Distrito Federal de México y su Área Metropolitana que cuenta con cerca de 18 millones de habitantes tiene una cobertura de 80%. Mientras tanto ciudades de Centro América como Tegucigalpa (Honduras) y San Salvador (El Salvador) tienen coberturas más pobres del 75% y 60%, respectivamente (Jiménez, 2001).

En China y Suiza la presencia de residuos en las calles es nula, debido a la falta de recursos naturales y a los altos precios de los subproductos manufacturados, se les otorgan precios muy atractivos a los desechos, promoviendo con ello un pueblo poco generador, ya que cada residuo se tiene un valor por tipo.

Existen a la vez reglamentos específicos para este cuidado, como el hecho de prohibir comer alimentos en la calle, sobre la cantidad de empaque que deben poseer los

productos, además de multas muy severas que se aplican a los peatones, dueños de predios, industrias y comercios que arrojen desechos sólidos en la vía pública.

Por medio de altas comprensiones construyen bloques los cuales con tratamiento de cemento lo utilizan para ampliar su zona territorial o para construir viviendas.

También en Japón y en algunas ciudades de Estados Unidos se ha habituado a la población que de acuerdo al día de la semana es el tipo de residuo que se recoge, viéndose obligados con este sistema al tener que seleccionar sus desperdicios diariamente.

En Francia desde los años 70's se a echo evolucionar un sistema mecanizado mediante contenedores de variadas capacidades, dispuestos en los inmuebles, aproximando el depósito al volumen producido, depósitos que son herméticamente cerrados y que no permiten contaminación posible, los cuales son recogidos en días preestablecidos por camiones que automáticamente efectúan el vaciado de los contenedores sistemas muy parecidos se desarrollan en España, Alemania y Suiza.

En las ciudades de Gran Bretaña, la leche se reparte en botellas de vidrio que se llegan a usar hasta 24 veces cada una. Las botellas de vidrio son mucho más fáciles de reciclar o reutilizar que las de plástico. En Alemania, las botellas de plástico llevan un deposito retornable que los fabricantes están obligados a reciclar cuando son devueltos por consumidores en Dinamarca se ha prohibido el uso de botellas de plástico de un solo uso.

El plástico crea un problema residual, ya que perdura en el medio ambiente hasta hace muy poco era imposible reciclar plástico, pero hoy pueden fabricarse tuberías y contenedores con él. Los supermercados de Alemania están obligados a recoger o a reciclar cualquier empaquetado que el cliente no quiera.

Francia cuenta con más de 1000 fábricas de abono que producen 8000000 toneladas de este al año, reciclar el aluminio para hacer latas tiene un claro sentido económico.

No solo reduce la explotación de bauxita; también reduce el consumo de energía y la contaminación del proceso en un 95%. Las ciudades Suecas reciclan el 80% de sus latas de aluminio.

Reciclando papel se pueden ahorrar gastos económicos y medioambientales; el proceso de reciclaje consume entre un 30 y un 40 % de la energía que se emplea para la obtención de papel a partir de celulosa virgen, las ciudades japonesas y holandesas reciclan en la actualidad el 50 % de su papel. En el Cairo existen cerca de 500 fábricas especializadas en el reciclaje de plástico (Origel, 2001).

Anexo 2 Técnicas Físicas y Químicas del suelo antrosol

Color

Indica la presencia de minerales en estado oxido reducción refleja propiedades físicas, químicas y biológicas, es influido por el contenido de materia orgánica, material parental, clima, drenaje, aireación, afecta directamente a la temperatura y al grado de humedad del suelo es indirectamente al crecimiento de las plantas, a la actividad microbiana y a la estructura del suelo, puede ser utilizado como indicador de las condiciones y fuerzas que operan durante la formación de los suelos, o para predecir, la capacidad productiva de los mismos, se utiliza como auxiliar en la clasificación y cartografía de suelos, puesto que los límites entre ellos en muchas ocasiones quedan manifestados por un cambio de coloración en el horizonte superficial, el color del suelo puede variar ampliamente: blanco, rojo, café, gris, amarillo, negro, etc.

Principio y aplicación: la determinación se basa en el igualamiento del color observado en el suelo tanto en seco como en húmedo respecto al color registrado en las tarjetas de color, ubicadas en cada una de las páginas de la tabla Munsell, donde se manejan los parámetros de matiz (Hue), Brillo (Value) y Intensidad (Chroma).

(NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000; Castillo, 2007).

Textura

Principio y aplicación: la textura del suelo define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. Proporciona una idea general de las propiedades físicas del suelo. Su determinación es rápida y aproximada. En general el problema es separar los agregados y analizar sólo las partículas. Se elimina la agregación debida a materia orgánica y la floculación debida a los cationes calcio y magnesio. No se eliminan otros cementantes como carbonatos. El tiempo de lectura se ha escogido de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de 2 horas para partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo de arena).

Estos límites han sido establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y se han usado para construir el triángulo de texturas.

(NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000; Castillo, 2007).

Conductividad Eléctrica

- La conductividad eléctrica o conductancia específica de una solución es el recíproco de la resistencia específica de una corriente alterna medida entre las caras opuestas de un centímetro cúbico de una solución acuosa a una temperatura específica.

- La conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe 25 c) es uno de los índices más difundidos para evaluar la concentración salina del suelo a nivel de laboratorio.

- La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de un material para transportar la corriente eléctrica. Una solución acuosa que contiene iones tiene esa habilidad. La conductividad de una solución electrolítica depende de la concentración total de iones presentes en agua, de la movilidad de cada uno de los iones disueltos, su valencia y de la temperatura a la que se hace la determinación.

- El principio por el cual los instrumentos miden conductividad es simple: dos placas de conductividad o electrodos se sumergen en la muestra, se aplica un potencial o voltaje a través de las placas y se mide la corriente que fluye entre las placas.

(NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000; Castillo, 2007).

La conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE) se reporta en decisiemens por metro (dS m^{-1}).

CE ds m^{-1} a 25°C	Efectos
<1.0	Efectos despreciables de la salinidad
1.1-2.0	Muy ligeramente salino
2.1-4.0	Moderadamente salino
4.1-8.0	Suelo salino
8.1-16.0	Fuertemente salino
>16.0	Muy fuertemente salino

Potencial Hidrógeno Real

Principio y aplicación: la evaluación electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad del Ion H mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al H⁺. En el caso de los suelos el pH se mide potenciométricamente en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo: agua 1:2.

El pH es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis químicos rutinarios de suelo, ya que controla reacciones químicas y biológicas en el suelo. La determinación del pH es afectada por varios factores tales como: el tipo y cantidad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la acidez del suelo, la concentración de sales en la solución, la relación suelo: solución, la presión parcial de bióxido de carbono y el efecto de la suspensión asociado con el potencial de unión, etc.

(NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000; Castillo, 2007).

Para la clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH se presenta el cuadro siguiente:

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000

Materia Orgánica

Principio y aplicación: se evalúa a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkley y Black. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico, para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso.

Con este procedimiento se detecta entre un 70 y 84% del carbón orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de corrección, el cual puede variar entre suelo y suelo. En los suelos de México se recomienda utilizar el factor 1.298 (1/0.77). (NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000; Castillo, 2007).

Los valores de referencia para clasificar la concentración de la materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos se presenta en el cuadro siguiente:

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

(NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000; Castillo, 2007).

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.T.)

Principio y aplicación: método para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) de los suelos, empleando acetato de amonio 1N, pH 7.0, como solución saturante.

El método para la determinación consiste en la saturación de la superficie de intercambio con un catión índice, el ion amonio; lavado del exceso de saturante con alcohol; desplazamiento del catión índice con potasio y determinación del amonio mediante destilación. El amonio se emplea como catión índice debido a su fácil determinación, poca presencia en los suelos y porque no precipita al entrar en contacto con el suelo. La concentración normal que se usa asegura una completa saturación de la superficie de intercambio y como está amortiguada a pH 7.0, se logra mantener un cierto valor de pH.

El lavado con alcohol pretende desplazar el exceso de saturante y minimizar la pérdida del amonio adsorbido (NOM-021-RECNAT-2000; Muñoz, 2000; Castillo, 2007).

Clase	CIC (Cmol Kg ⁻¹)
Muy alta	> 40
Alta	25 – 40
Media	15 – 25
Baja	5 – 15
Muy baja	> 5