



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSTGRADOS
MAESTRIA EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO
AMBIENTAL



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL MEDIANTE
SISTEMAS AGROFORESTALES, PARA EL RELLENO
SANITARIO EN LA ZONA 3 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Presentada por:

Arq. Juan Carlos Medina Espinoza

Para optar al título de

MAESTRO EN CIENCIAS EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y
MANEJO AMBIENTAL

Guatemala, octubre 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MAESTRÍA EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL MEDIANTE SISTEMAS
AGROFORESTALES, PARA EL RELLENO SANITARIO EN LA ZONA 3 DE LA CIUDAD
DE GUATEMALA**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA POR

ARQ. JUAN CARLOS MEDINA ESPINOZA

ASESOR: MSc. ARQ. DIEGO ARMANDO JUNIOR LÓPEZ CASTILLO

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

"El autor es responsable de las doctrinas sustentadas, originalidad y contenido del trabajo final de maestría, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala".

Guatemala, octubre 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

Decano MSc. Arq. Edgar Armando López Pazos
Vocal I Arq. Gloria Ruth Lara Cordón de Corea
Vocal II Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Vocal III MSc. Arq. Alice Michele Gómez García
Vocal IV Br. Andrés Cáceres Velazco
Vocal V Br. Andrea María Calderón Castillo
Secretario Académico Arq. Marco Antonio de León Vilaseca

TRIBUNAL EXAMINADOR

Dr. Byron Alfredo Rabe Rendón
MSc. Arq. Publio Alcides Rodríguez Lobos
MSc. Arq. Diego Armando Junior López Castillo
MSc. Arq. Dafne Adriana Acevedo Quintanilla de López

Guatemala, octubre 2019

DEDICATORIA

A MI MADRE

Quien nunca ha dejado de confiar en mí.

A MI ESPOSA

Quien me motiva a no dejar perdidas las metas de la vida.

A MI HERMANO

Quien es fuente de sabiduría para el cuidado del medio ambiente.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala

AGRADECIMIENTOS A:

Asesor MSc. Arq. Diego Armando Junior López Castillo

A los consultores de tesis:

MSc. Arq. Dafne Adriana Acevedo Quintanilla de López

MSc. Arq. Maithé Eleonora Girón Castillo

A la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala por brindarme el apoyo para desarrollar este trabajo.

Al Ing. Maynor Rafael López Contreras

Arq. Claudia María Romero Orellana

Arq. Gerardo Iván Gularte Paredes

Por su apoyo en la elaboración del presente trabajo.

Contenido**Página****Índice General**

Índice General	2
Índice de Figuras	7
Índice Mapas	8
Índice de Tablas	9
Lista de Siglas	10
Introducción	12

CAPÍTULO I**GENERALIDADES**

1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Delimitación	17
1.2.1 Temática	17
1.2.2 Temporal	17
1.2.3 Espacial	17
1.3 Justificación	19
1.4 Antecedentes	21
1.4.1 Origen y distribución geográfica	23
1.5 Preguntas de investigación	24
1.6 Objetivos	24
1.6.1 Objetivo General	24
1.6.2 Objetivos Específicos	23
1.7 Metodología	25
1.7.1 Fase I. Generalidades del Tema a desarrollar	25
1.7.2 Fase II. Trabajo de Campo	25
1.7.3 Fase III. Trabajo de Gabinete	26
1.7.4 Fase IV. Análisis de Resultados y Elaboración de la Propuesta	26
1.7.5 Fase V. Propuesta	27

CAPÍTULO II

2.1 Marco Teórico	31
--------------------------	----

Contenido	Página
2.1.1 Características de sistemas agroforestales	31
2.1.2 Árboles de uso múltiple	32
2.1.3 Desarrollo Sostenible	33
2.1.4 Sistema multidisciplinario	34
2.1.5 Potencialidad de la agroforestería	34
2.1.5.1 Ventajas	34
2.1.5.2 Desventajas	35
2.1.6 Clasificación de los sistemas agroforestales	35
2.1.6.1 Sistemas agroforestales simultáneos	36
2.1.6.2 Sistemas agroforestales secuenciales	37
2.2 Marco Conceptual	38
2.2.1 Gestión ambiental y manejo de RS's	38
2.2.2 Clases de contaminación ambiental en rellenos sanitarios	39
2.2.3 Manejo ambiental en Rellenos Sanitarios	40
2.2.4 Definición de Agroforestería	41
2.2.4.1 Objetivos de la agroforestería	42
2.2.5 Definición de barreras vegetales	43
2.2.5.1 Funciones	43
2.2.6 Barreras vegetales en rellenos sanitarios	44
2.2.7 Casos análogos de proyectos agroforestales en rellenos sanitarios a nivel Internacional	45
2.2.7.1 Japón	45
2.2.7.2 España	47
2.2.7.3 Estados Unidos	48
2.2.7.4 Brasil	50
2.2.7.5 Chile	52
2.2.8 Casos análogos de proyectos agroforestales en rellenos sanitarios a nivel nacional	53
2.2.8.1 Guatemala	53
2.3 Marco Legal y Político	56
2.3.1 Historia del Derecho Ambiental En América Latina	57

Contenido	Página
2.3.2 Legislación Ambiental Guatemalteca	58
2.3.2.1 Antecedentes	58
2.3.3 Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental	61
2.3.4 Tratados y Convenios Nacionales e Internacionales suscritos por Guatemala	61
2.3.4.1 Desafíos del derecho ambiental en el siglo XXI	62
CAPÍTULO III	
3.1 Marco contextual	66
3.1.1 Contexto Territorial	66
3.1.2 Ubicación Geográfica	66
3.1.3 Localización Geográfica	67
3.1.4 Descripción grafica del área influenciada	68
3.1.4.1 Clima	69
3.1.4.2 Fisiografía	69
3.1.4.3 Geología	69
3.1.4.4 Hidrografía	70
3.1.4.5 Suelos	70
3.1.4.6 Zona de vida	70
3.1.5 Mapa de área a intervenir	71
3.1.6 Vientos predominantes dentro del relleno sanitario	72
3.1.7 Aspectos Históricos del Relleno Sanitario en la Zona 3	73
CAPÍTULO IV	
4.1 Análisis de resultados	77
4.2 Elaboración del Propuesta de Mejoramiento Ambiental	77
4.2.1 Medidas de manejo ambiental para los factores	82
4.2.1.1 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor aire	83
4.2.1.2 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor agua	84

Contenido	Página
4.2.1.3 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor suelo	85
4.2.1.4 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor flora	86
4.2.1.5 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor fauna	87
4.2.1.6 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor paisaje	88
4.2.1.7 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor aspecto humano	89
4.3 Propuesta	90
4.3.1 Descripción general del proyecto	90
4.3.2 Especies factibles a emplear	90
4.3.2.1 Especies arbóreas	92
4.3.2.2 Especies arbustivas	93
4.3.2.3 Especies cubresuelos	94
4.3.3 Distanciamiento de plantación	95
4.3.4 Preparación del material vegetativo	97
4.3.5 Método de plantación	97
4.3.6 Época de plantación	101
4.3.7 Cuidados silviculturales	101
4.3.8 Cronograma de ejecución de propuesta para un área de 2.62 hectareas denominada Patio 1	102
4.4 Recursos económicos para la propuesta de mejoramiento ambiental	103
4.4.1 Costo de plantación en Patio 1	103
4.4.2 Costo de herramienta	106
4.4.3 Costo de total plantación en Patio 1	107
 CAPÍTULO V	
5.1 Plan Piloto de siembra del sistema agroforestal	110
5.1.1 Áreas a intervenir	110
5.1.2 Descripción de Áreas a intervenir	119

Contenido	Página
5.1.3 Resumen total de especies arbóreas, arbustivas y cubresuelos a implementar	124
6.1 Conclusiones	125
6.2 Recomendaciones	126
7.1 Fuentes de consulta	129
7.1.1 Artículos	129
7.1.2 Folletos	129
7.1.3 Leyes, Reglamentos y Políticas	129
7.1.4 Libros	129
7.1.5 Mapas	129
7.1.6 Páginas web	130
7.1.7 Profesionales consultados	130
7.1.8 Tesis Consultadas	130
7.1.9 Tratados	131

Contenido

Página

Índice de Figuras

Figura I: Resumen de la Temática	18
Figura II: Elementos de la Justificación	20
Figura III: Resumen de metodología	28
Figura IV: Sistemas Agroforestales SAF	32
Figura V: Árboles de uso múltiple	33
Figura VI: Sistema multidisciplinario en la agroforestería	34
Figura VII: Sistema agroforestal simultaneo	36
Figura VIII: Sistema agroforestal secuencial	37
Figura IX: Consecuencias generales del manejo ambiental de RS's	40
Figura X: Agroforestería	42
Figura XI: Barreras Vegetales	43
Figura XII: Restauración Paisajística del Vertedero de Residuos de la Vall d'en Joan Batlle i Roig Arquitectes. El Garraf, Barcelona, España	45
Figura XIII: Isla Umi no Mori (Bosque del mar) Tokio, Japón	47
Figura XIV: Obras de sellado y restauración de los vertederos municipales de residuos inertes de Carabaña y de Valdilecha, Madrid, España	48
Figura XV: Freshkills park, (Staten Island, Nueva York) / James Corner Field Operations	49
Figura XVI: Parque Santa Bárbara, São Paulo, Brasil	52
Figura XVII: Parque Padre Hurtado (antes llamado «Parque Intercomunal de La Reina» y renombrado en memoria del padre Alberto Hurtado)	53
Figura XVIII: Aprovechamiento de semillas del vertedero controlado Km 22 AMSA	54
Figura XIX: Implementación de especies forestales en la colindancia hacia la carretera CA-9 Sur en el vertedero controlado Km 22 AMSA	55
Figura XX: Implementación de especies forestales en la colindancia hacia la carretera CA-9 Sur en el vertedero controlado Km 22 AMSA	55

Contenido

Página

Índice de Tablas

Tabla I. Resumen de antecedentes en América	21
Tabla II: Programa de recuperación de áreas con vertederos de basura, planificación de trabajo	51
Tabla III: Evolución del derecho ambiental en América Latina	57
Tabla IV: Cuadro cronológico de antecedentes ambientales en Guatemala	58
Tabla V: Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor aire	83
Tabla VI: Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor agua	84
Tabla VII: Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor suelo	85
Tabla VIII: Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor flora	86
Tabla IX: Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor fauna	87
Tabla X: Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor paisaje	88
Tabla XI: Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor humano	89
Tabla XII: Especies arbóreas	92
Tabla XIII: Especies arbustivas	93
Tabla XIV: Especies cubresuelos	94
Tabla XV: Cronograma de ejecución de propuesta para un área de 2.62 hectáreas denominada Patio 1	102
Tabla XVI: Costo total de plantación	104
Tabla XVII: Costo total de herramienta	107
Tabla XVIII: Costo total de plantación en Patio 1	107

Contenido

Página

Tabla XIX: Área a intervenir en el Sector 1	119
Tabla XX: Área a intervenir en el Sector 2	119
Tabla XXI: Área a intervenir en el Sector 3	120
Tabla XXII: Área a intervenir en el Sector 4	121
Tabla XXIII: Área a intervenir en el Sector 5	122
Tabla XXIV: Área a intervenir en el perímetro norte	123
Tabla XXV: Área a intervenir en el perímetro este	123
Tabla XXVI: Área a intervenir en el talud A	123
Tabla XXVII: Resumen de especies arbóreas a implementar	124
Tabla XXVIII: Resumen de especies arbustivas a implementar	124
Tabla XXIX: Resumen de especies cubresuelos a implementar	124

Lista de Siglas

AMSA	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CONADES	Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos
INAB	Instituto Nacional de Bosques
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
PCARSU	Programa Coordinado de Actuación de Residuos Sólidos Urbanos
PMA	Propuesta de Mejoramiento Ambiental
PMAMSA	Propuesta de Mejoramiento Ambiental, Mediante Sistemas Agroforestales
RS's	Residuos Sólidos
RSU's	Residuos Sólidos Urbanos
SAF	Sistemas Agroforestales
ONG	Organización No Gubernamental

Introducción

En la ciudad de Guatemala, el manejo de los residuos sólidos (RS's) ha sido un problema constante, causa de muchos efectos negativos hacia el medio ambiente y a la salud de las personas, esta situación se ha debido en mayor parte a la mala práctica en el sistema de manejo integral de los RS's que como seres humanos consumimos y desecharnos, para luego ser recolectados y enviados hacia el Relleno Sanitario de la Zona 3 de la ciudad de Guatemala. En este sistema prevalece solo la fase de recolección, transporte, una improvisada clasificación de residuos en el lugar y posteriormente depositar el sobrante sólido en el relleno para luego ser cubierto, omitiendo los efectos nocivos que se generan por la descarga de dichos residuos en el relleno sanitario. De esta forma se originó una disposición descontrolada de los residuos a la cual la descarga de estos RS's al aire libre se ha convertido en un factor contaminante con mala disposición final de los mismos, afectando directamente al medio ambiente donde son depositados y a la población cercana que habita el relleno sanitario.

Quedando evidenciada la problemática ambiental producto de los RS's de la ciudad de Guatemala y 14 municipios del departamento (excepción de San José del Golfo, Chuarrancho y Amatitlán), donde figura la importancia de una disposición final controlada, que consista no solo en la capacidad de acogida, sino también proteger de una manera ecológica los efectos secundarios de dicha disposición final, para lograr un mejor manejo integral del medio ambiente que rodea al relleno sanitario, para ello se plantea implementar esta Propuesta de Mejoramiento Ambiental, Mediante Sistemas Agroforestales (PMAMSA), ya que son de suma importancia, para tener un ambiente más controlado y de protección, ya que son alternativas para la buena práctica agroforestal de la zona y contribuyen a la recuperación de la degradación del medio ambiente, ayudando a organizar el paisaje, proveyendo una estructura para la circulación del agua, los nutrientes, la energía y el oxígeno entre los organismos y su medio ambiente y la estabilización, recuperación y aporte de materia orgánica en suelos erosionados.

Con esta Propuesta de Mejoramiento Ambiental (PMA) se propone el enriquecimiento de los recursos naturales como la flora y fauna que han sido devastados durante la operación del relleno, proteger las áreas próximas a la zona urbana, disminuir la velocidad del viento para contrarrestar la erosión del suelo y la protección de los recursos hídricos del lugar, dicho (PMA) está diseñado para ser aplicado a las áreas autorizadas con cierre técnico.

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del problema

En Guatemala existen 2,140 rellenos sanitarios municipales y privados,¹ de los cuales la ciudad de Guatemala solo cuenta con uno ubicado en 9ª Avenida y 30 Calle final 10-96 de la Zona 3 de la capital, y la mayoría tienen necesidad de mantenimiento constante debido a la potencial contaminación que representan donde están ubicados. El mantenimiento se debe tener en cuenta para la apertura, operación y cierre de los rellenos sanitarios: plantear proyectos y propuestas de manejo ambiental de revitalización y reintegración al paisaje que beneficie al ambiente y a la comunidad cercana.

El Relleno Sanitario autorizado en la actualidad en la Zona 3 no posee un estudio y propuesta que funcione de una manera adecuada y con una conciencia ambiental, ya que no se toman en cuenta, efectos como lo estrecho de la capa de la tierra y las células subsecuentes con basura orgánica e inorgánica que son depositadas de manera irracional que conllevan a una mala compactación, provocando hundimientos y grietas que filtran el agua de riego hacia capas inferiores donde aceleran el proceso natural de descomposición de los residuos, evitando que cualquier tipo de vegetación que rodee el predio no logre desarrollarse de una manera eficiente.

La falta de incorporación de tierra fértil en el área de cierre técnico donde pueden aplicarse los Sistemas Agroforestales (SAF) evita su crecimiento y desarrollo normal en el establecimiento del bosque, así como también la aparición espontánea de vegetación secundaria que aporte un mayor valor biológico de conservación de suelos.

El presente PMA mediante SAF es está dirigido a encontrar y adaptar la mejor forma de efectuar las buenas prácticas que ya se han efectuado en otros rellenos sanitarios como el Relleno Sanitario de Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA), y donde dichos SAF ya forman parte de un plan futuro que evite los efectos negativos ambientales que conlleva el no tener un Relleno Sanitario controlado ambientalmente.

Por lo tanto el problema será enfocado en investigar y definir la metodología adecuada de siembra y especies de plantas arbóreas, arbustivas y cubresuelos que mejor se adapten a este ambiente hostil, ya que la cubierta vegetal, desempeña la principal

¹ Publinews.gt. Noticias: Guatemala tiene dos mil 212 basureros ilegales. Consultado el 12 de julio de 2017. <https://www.publinews.gt/gt/noticias/2017/07/12/guatemala-dos-mil-212-basureros-ilegales.html>

resistencia al proceso de erosión, pudiendo retardar el proceso, y es un método de conservación ideal para este tipo de propuestas en rellenos sanitarios.

1.2 Delimitación

1.2.1 Temática

La presente propuesta ocupa los terrenos con cierre técnico del Relleno Sanitario de la Zona 3 de la ciudad de Guatemala, en los que se encuentra la disposición de RS's que durante décadas han producido impactos ambientales y sociales negativos que deben ser minimizados. Tales impactos ambientales son: contaminación de aguas, aire, suelos, modificación del sistema ecológico y mantos freáticos.

Las distintas formas de acondicionamiento de residuos en este Relleno Sanitario transforman el lugar con un alto flujo de vehículos, nivel de ruidos y mal olor en fase de operaciones. Se estudiara implementar un PMAMSA, con el motivo de ayudar a mitigar estos factores que afectan el lugar.

Para ello se delimita la temática con siguientes conceptos básicos:

- Gestión ambiental de RS's
- Manejo de RS's
- SAF en rellenos sanitarios
- Manejo ambiental en rellenos sanitarios
- Plan de operación
- Aspectos legales e institucionales

1.2.2 Temporal

El proyecto tiene una duración de 9 meses para su elaboración.

1.2.3 Espacial

La propuesta ocupa el Sector denominado Patio 1 que se encuentra actualmente con cierre técnico y posee una extensión aproximada de 2.62 hectáreas.

A continuación se resume la temática en la siguiente figura:

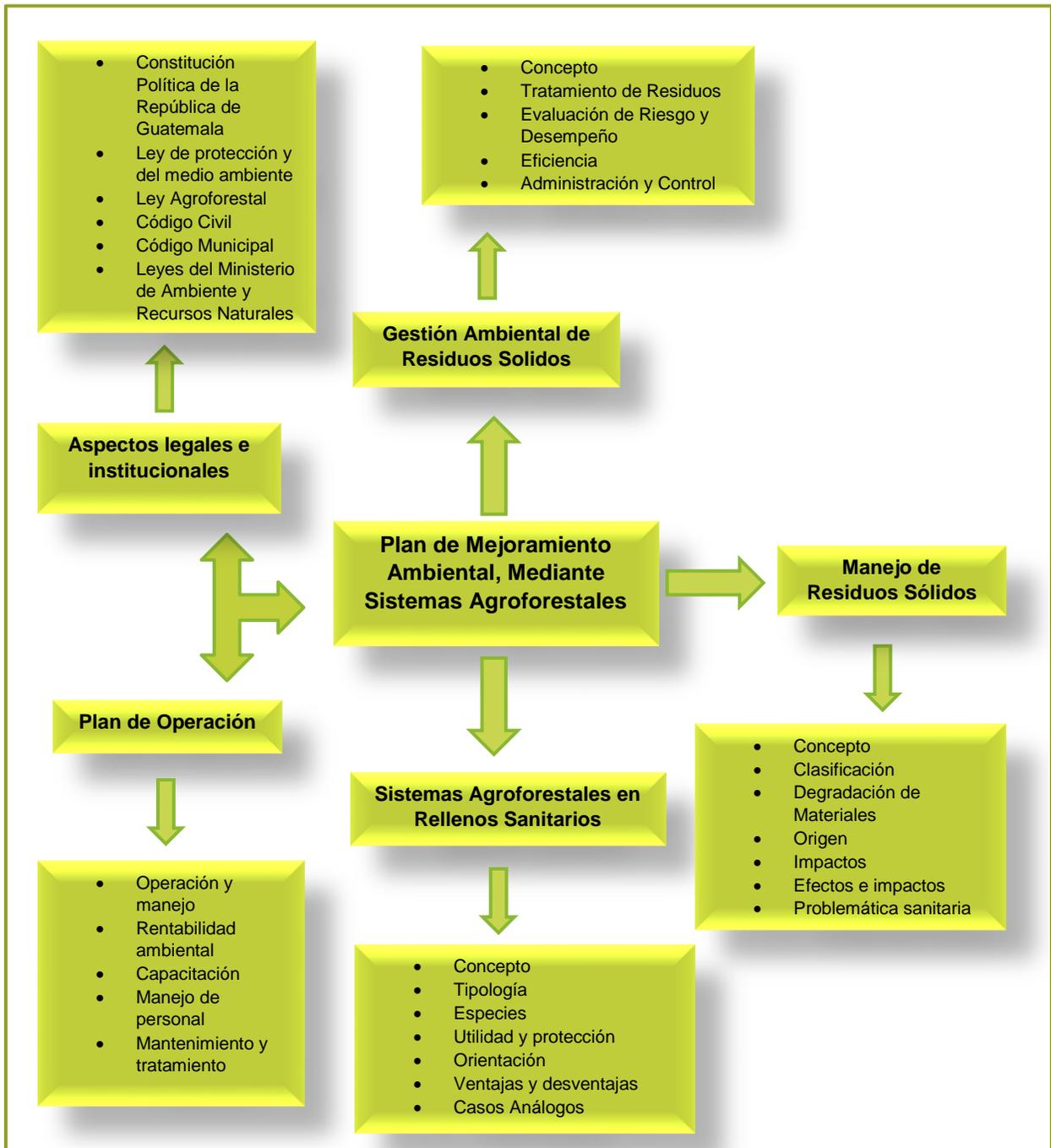


Figura I. Resumen de la Temática. Elaboración propia. Basado en el concepto del documento de internet: Agenda Nacional Forestal de Guatemala en el Marco del Programa Forestal Nacional, Programa Forestal Nacional de Guatemala Agenda 2003-2012, octubre de 2003, https://thereddesk.org/sites/default/files/agenda_nacional_forestal_2003-2012_in_framework_of_pfn_1.pdf.

Basado en el concepto del proyecto de internet: La Administración Municipal en el Manejo de los Recursos Naturales Renovables en Guatemala, marzo del 2000, http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/paises/guatemala/a_mrnrr.pdf.

1.3 Justificación

Los residuos orgánicos e inorgánicos que no son aprovechados constituyen un problema para la sociedad que viene del pasado a la actualidad, debido a que la urbanización en la ciudad de Guatemala en constante crecimiento y desarrollo, esto sumado a la densa sobrepoblación, crean un alto índice de residuos generados por el consumo diario, donde no se ejecuta una propuesta de revitalización y reintegración ecológica por medio de siembra de vegetación que beneficie, conserve y proteja a la comunidad que habita el relleno sanitario.

El manejo ineficiente de los residuos a cielo abierto sin las medidas de mitigación correspondientes, la quema y la disposición en vertederos clandestinos en la ciudad provocan alta contaminación que desencadena deficiencias en la salud, un severo daño al medio ambiente, incluyendo la deforestación, degradación del suelo y subsuelo con altos contaminante y gases, así como conflictos sociales y políticos.

La falta de conocimiento de las buenas prácticas de conservación de vegetación y suelos alrededor de rellenos sanitarios, tiene como resultado una pérdida continua de este recurso vital para el medio ambiente, además del uso de lugares en donde alguna vez hubo bosques (barrancos, montañas, planicies, ríos, lagos) entre otros, son utilizados para depositar residuos temporalmente, y trae como consecuencia la degradación del recurso en mención, por lo tanto una vez concluida la etapa de relleno sobre el predio deben ser compensados nuevamente con vegetación similar a la depredada.

Con este PMA, mediante SAF, se propone implementar los elementos que beneficien de una manera más adecuada en el aspecto de la salud en conjunto con su buen entorno social ya que dichos SAF mejoran la calidad visual, reintegra su entorno degradado y revitaliza el área, enriqueciendo su vegetación y evitando menor incidencia en cuanto a temas de erosiones, rayos solares, exceso de malos olores, gases y otros.

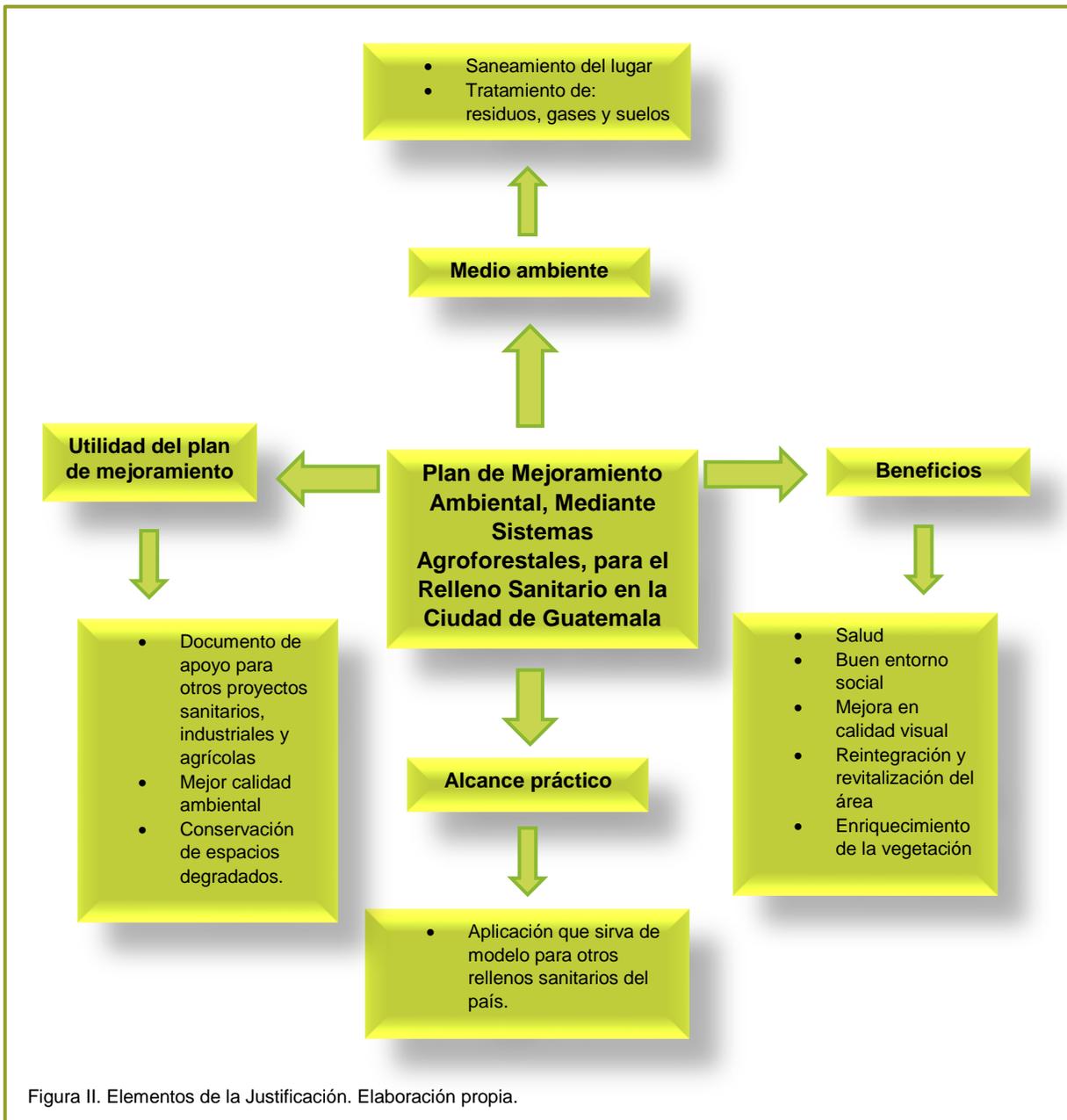
Otro aspecto será su alcance práctico, ya que será una aplicación de importancia no solo para tratamiento de otros rellenos sanitarios en el país, sino también tomarlo como modelo y ejemplo para la conservación de espacios verdes.

Esta propuesta sumara un documento para actuales y futuros proyectos sanitarios, industriales y agrícolas que se vean en la necesidad de implementar una mejora ambiental

en cuanto a su entorno y área de laboral, con el fin de conservar espacios degradados que afecten interna y externamente el área.

Por último se justifica la propuesta en relación al medio ambiente donde se propondrá el saneamiento del lugar afectado por la falta de este tipo de vegetación, que ayude a tratar aquellos residuos que pudieran ser captados en el ambiente por medio de los SAF y a su vez enriquecer el suelo y subsuelo.

A continuación se resume los elementos de la justificación en la siguiente figura:



1.4 Antecedentes

A partir del surgimiento de los sistemas de agroforestería como disciplina de conocimiento, existe el compromiso de plantearse como una opción viable de conservación de los recursos naturales, en especial de la biodiversidad.

Orígenes de la agricultura tropical de África, Asia, y América del 15,000 A.C. a 5,000 A.C.	La agroforestería tiene doble carácter: interdisciplina y práctica. La práctica se remonta a estos orígenes y para el caso de la región tropical del continente americano, se practica desde hace miles de años. Muchas tecnologías agroforestales hoy en día se encuentran en América Central y Sudamérica: cercas vivas, barreras vegetales, barreras rompe vientos, árboles en contornos o terrazas, en pasturas, en cultivos transitorios o permanentes, lotes multipropósito y otros.
Descubrimiento de América 1492	La región tropical del continente, rica en diversidad vegetal y animal, ha visto disminuir su potencial natural debido a la imposición de sistemas de producción contrarios a la conservación de la biodiversidad, agua y suelo.
Finales de la década de 1970	Se constituyó una nueva área de conocimiento: la agroforestería. Esta puede ser definida como «la interdisciplina y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta la interacción espacial y/o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente». ²

Tabla I. Resumen de Antecedentes en América. Elaboración propia.

² Ospina A., A. Aproximación a la construcción de la definición de agroforestería. (en línea). Actualización 2006. Cali, Colombia. Disponible en web: <http://ecovivero.org>



Las culturas agroforestales en América tropical han adquirido gran ingenio y conocimiento, al diseñar y someter a las diferentes tecnologías agroforestales, de acuerdo a condiciones de socioculturales y de ecosistemas, durante el proceso de adaptación al ambiente tropical, cambios sociales y económicos de los últimos 500 años. A pesar de la reciente homogenización del paisaje, en cada ecorregión se evidencia la presencia de tecnologías agroforestales, teniendo orígenes remotos en el tiempo y gran nivel de sofisticación en el manejo de cada cultura. Alguna información sobre ellas se encuentra documentada en relatos de cronistas, y se denomina como la arqueología agroforestal americana, útil para reconstruir el universo de los sistemas de producción tradicionales del continente, elemento fundamental de la identidad cultural de esta región del mundo y su proyección.

Mapa I. América Tropical. Imagen digital <http://materiaprimatevegetalutn.blogspot.com/p/origen-de-la-agricultura.html>.

Los SAF poseen una característica detallada, con el propósito de descifrar su potencial para la conservación de la biodiversidad nativa y la producción local. «La caracterización agroforestal consiste en la descripción analítica e integral de sus aspectos socioeconómicos y biotécnicas».³ Las características de las tecnologías agroforestales, entre ellas los SAF, han sido estudiadas y presentadas por varios autores (Ospina, 1996; Montagnini, 1992; Geilfus, 1989; Fassbender, 1993; Nair, 1993; Ospina, 2000 y 2003).

Las tecnologías agroforestales que se encuentran en fincas, predios privados o municipales, territorios de familias de indígenas, negras y mestizas que están condicionados por la cultura, tenencia de la tierra, organización del trabajo, ecosistema, clima, topografía, suelo, biodiversidad silviagropecuaria, hábitos alimentarios, mercados, industria, entre otros.

³ MONTAGNINI, F. y otros. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica: OET, OICD, DHR., 1986.

1.4.1 Origen y distribución geográfica

Humboldt y Bonpland (1807), en los Andes de Suramérica, en territorios del aplastado Imperio Inca, encontraron cultivos de papa y quinua rodeados de SAF para protección sus cultivos.

Tascón (1935), citado por Patiño (1963), encontró una palma espinosa del genero Guilielma en el Valle del Cauca, Colombia, que se multiplica formando matorrales tupidos e impenetrables. Su nombre local, chinamato, parece provenir del azteca “chinamatl”, que significa seto o cerca de cañas. Esto podría evidenciar que el concepto de sistema agroforestales hacia parte, además de la práctica, del idioma prehispánico americano. La barrera vegetal se encontraba en América latina desde tiempos prehispánicos, desde México hasta Perú, como lo reporta Patiño (1965).

«En tierras tropicales de América, con la introducción del ganado vacuno y bestias de carga, a partir del segundo viaje de Cristóbal Colon, esto alcanzo como parte de la estrategia de ocupación del territorio, grandes extensiones de tierra. En el suroccidente de Colombia, a mediados del siglo XIX, en algunas regiones del continente, el ganado vacuno tuvo algunas restricciones en su movilidad, mediante el uso de SAF, cercas vivas, setos, bardas, tapias y fosos». ⁴

Con el invento del alambre de púas, hace 100 años, la cerca muerta se masifico en el mundo. Es posible que también lo hiciera la barrera vegetal, bien por siembra intencional o por repoblación natural debido a la presencia de fuentes semilleras y dispersores naturales como el viento, aves, roedores y otros.

Posiblemente la barrera vegetal es una tecnología agroforestal que se originó simultáneamente en varias regiones del mundo. En la actualidad se encuentra distribuida en regiones tropicales húmedas, subhúmedas, semiárida y áridas del mundo. Es la tecnología agroforestal de más amplia distribución geográfica. Hace parte de los sistemas productivos campesinos e indígenas, así como en tierras dedicadas a la agricultura y ganadería comercial y la industria moderna.

⁴ PATIÑO R., V. M. Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Cali, Colombia. 1970.

1.5 Preguntas de investigación

1. ¿Por qué los rellenos sanitarios de Guatemala no han obtenido el resultado deseado en la implementación de SAF como una propuesta de mejoramiento ambiental?
2. ¿Qué consecuencias ambientales y sociales tiene la falta de siembra de SAF en un relleno sanitario?
3. ¿Cómo debería ser la implementación de los SAF en los rellenos sanitarios para que sean más eficientes las condiciones ambientales del lugar durante su operación hasta su cierre?
4. ¿Es necesario fomentar la siembra de SAF de alguno o varios tipos de especies no comerciales en específico, donde operen rellenos sanitarios municipales autorizados para un mejoramiento ambiental?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Formular una propuesta de mejoramiento ambiental mediante sistemas agroforestales que contribuya a renovar y reintegrar el medio ambiente degradado del Relleno Sanitario de la Zona 3 de la ciudad de Guatemala.

1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar qué tipo de especies se pueden implementar en el sistema agroforestal, hacer uso de ellas para que ayuden a mejorar la calidad del medio ambiente y recuperar la calidad de los suelos del Relleno Sanitario en sus alrededores durante su actual operación hasta su cierre definitivo.
- Mostrar de una manera ecológica como puede reconfigurarse el entorno actual, con el fin de asegurar su reincorporación al ambiente.
- Analizar de qué manera puede contrarrestarse la acción mecánica del viento sobre las viviendas alrededor del Relleno Sanitario que transporta partículas de residuos en el aire, a manera de servir como filtros naturales del medio ambiente.

1.7 Metodología

Durante la elaboración del presente PMAMBV se practicarán los procedimientos científicos de una serie de actividades secuenciales que deberán ser llevadas a cabo en unidades de tiempo definidas para alcanzar los objetivos planteados. Esta metodología se dividirá en las siguientes fases correspondientes:

Fase I: Generalidades del tema a desarrollar.

Fase II: Trabajo de campo.

Fase III: Trabajo de gabinete.

Fase IV: Análisis y elaboración de la Propuesta

Fase V: Propuesta

1.7.1 Fase I. Generalidades del tema a desarrollar

En esta fase se definirán los planteamientos del problema del estudio en cuestión, así como también los antecedentes que llevarán a su justificación para proponer el PMA, analizando sus aspectos más relevantes como lo son: medio ambiente, aspectos sociales, económicos e institucionales. Con estos puntos de referencia se podrán definir los objetivos generales y específicos para tener nuestras fuentes de consulta con mayor precisión para desarrollar el tema de investigación.

1.7.2 Fase II. Trabajo de campo

1.7.2.1 Localización, reconocimiento y selección del Área del Proyecto

En esta fase se realizará una visita física de reconocimiento al sitio escogido para ubicar el proyecto, donde se identificarán los aspectos más relevantes en cuanto a los componentes ambientales del Relleno Sanitario que eventualmente se verán identificados con el PMA, estos son:

- Medio Físico (flora, fauna, recursos hídricos, suelo y subsuelo).
- Medio Socioeconómico (cultura, educación, industrias, empleo y salud)

1.7.2.2 Capacitación informativa sobre el PMA

En esta fase se hará uso de todos los recursos y medios disponibles para comprender sobre la importancia del uso de los SAF en distintos proyectos industriales o agroforestales.

1.7.3 Fase III. Trabajo de gabinete

1.7.3.1 Depuración y analogía de la Información

En esta fase se filtrara toda la información recopilada con el fin de analizarla, seleccionando los aspectos más relevantes a tener en cuenta en la identificación de las características particulares del PMA. Posteriormente se sintetizara dicha información fundamental para la elaboración del presente documento.

1.7.3.2 Recopilación de información

Luego de la visita física de campo, se realizaran visitas técnicas a las instituciones administrativas correspondientes del relleno sanitario, con el fin de revisar, verificar y constatar los datos de información existentes acerca del manejo de RS's en el Relleno Sanitario y sus propuestas medio ambientales que pudieran tener, y con esto ampliar la base de datos para recopilar los documentos que puedan enriquecer esta propuesta. Es así como se tendrá también acceso a información de fuentes directas como:

- Alcaldía Auxiliar de la Zona 3.
- Alcaldía Municipal de la Zona 4.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Instituto Nacional de Bosques (INAB).
- Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán (AMSA)
- Consulta a profesionales expertos en el tema.

1.7.4 Fase IV. Análisis de resultados y elaboración de la propuesta

1.7.4.1 Análisis de resultados

Dicha fase constara de estudiar, examinar y considerar toda la información para su clasificación y presentación de resultados obtenidos durante el trabajo de campo, para determinar las bases técnicas del PMA y hacerlas comprensibles para su funcionamiento, y de esta manera orientar en base a resultados la comprobación de la hipótesis.

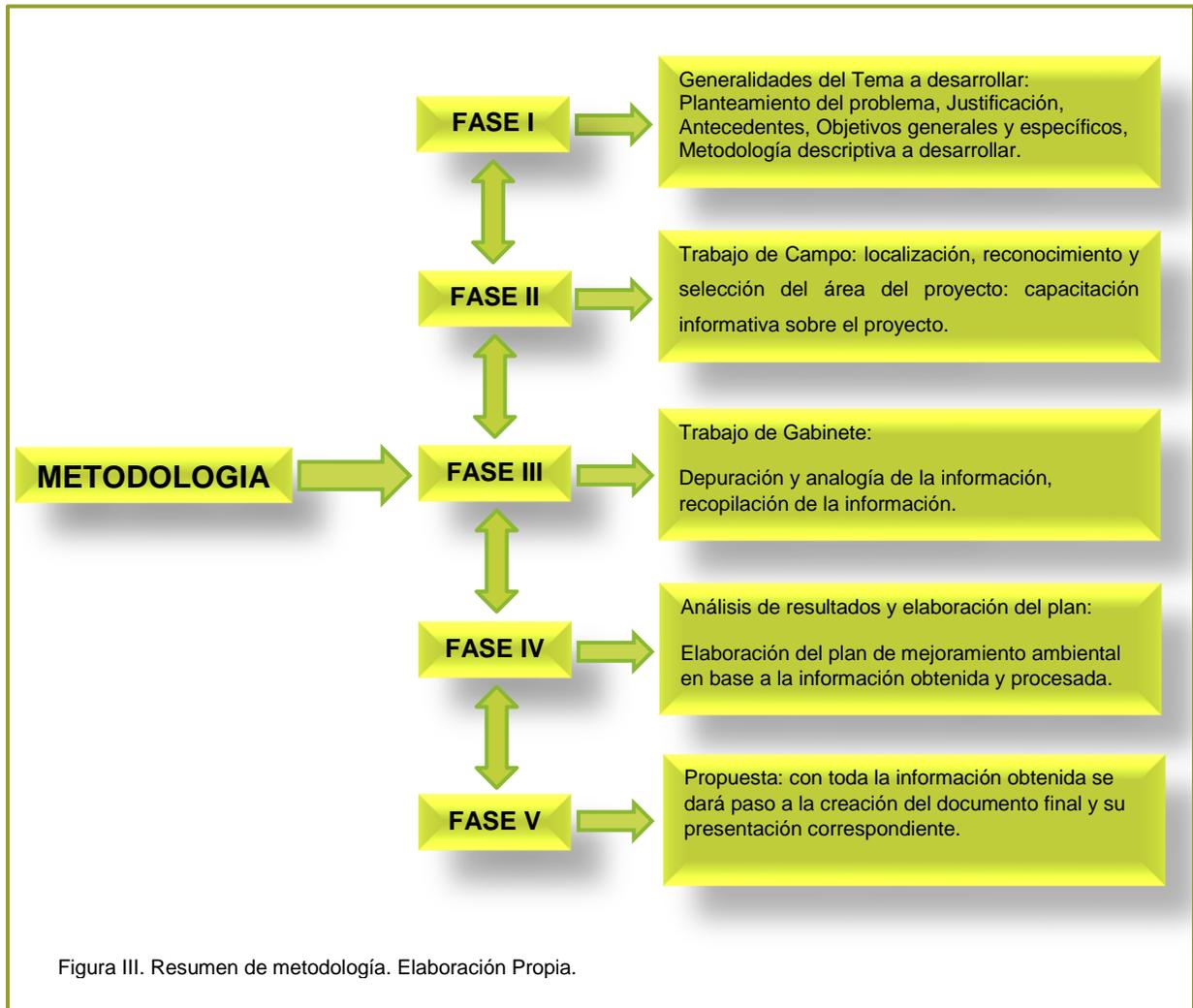
1.7.4.2 Elaboración del PMA

Una vez realizado el análisis de resultados y articulación de la investigación, se procederá a la elaboración del PMA con base a la información obtenida y procesada. La presente propuesta será diseñada para las etapas de actual operación y cierre posterior en el futuro del relleno sanitario.

1.7.5 Fase V. Propuesta

La elaboración del PMAMBV, se procederá a plantear los lineamientos respectivos propuestos en los objetivos para definir con mayor visión la propuesta a proponer y presentar acorde a las necesidades actuales y de futuro cierre de operaciones del relleno sanitario. El fin de la propuesta busca potencializar los recursos naturales que pueden incentivar a futuros proyectos ambientales de RS's que son depositados en rellenos sanitarios. Con toda la información obtenida se compilara para dar paso a la creación del documento titulado: "Propuesta de Manejo Ambiental, Mediante sistemas agroforestales, para el Relleno Sanitario en la Zona 3 de la ciudad de Guatemala".

A continuación se resume en el siguiente diagrama de la metodología a utilizar durante la investigación:



CAPÍTULO II

2.1 Marco Teórico

En Guatemala se ha sufrido las consecuencias de los malos usos y manejo de las tierras, aspecto que ha conducido a adoptar sistemas cada vez más degradables al medio ambiente. Es así como en el país grandes áreas de tierra han sido deforestadas para entrar en el establecimiento de proyectos industriales, vivienda, desechos sólidos y ganadería extensiva. Las consecuencias de tal desarrollo descontrolado, y la falta de implementación de propuestas de agroforestería, en conjunto con la eliminación de árboles en forma total han sido el deterioro en la biodiversidad, fuentes de agua, acelerada erosión de los suelos y por consiguiente el agotamiento de los suelos que conduce a abrir nuevas áreas, por consiguiente deforestar y comenzar nuevamente con un círculo vicioso que terminará por agotar el recurso tierra.

2.1.1 Características de los sistemas agroforestales

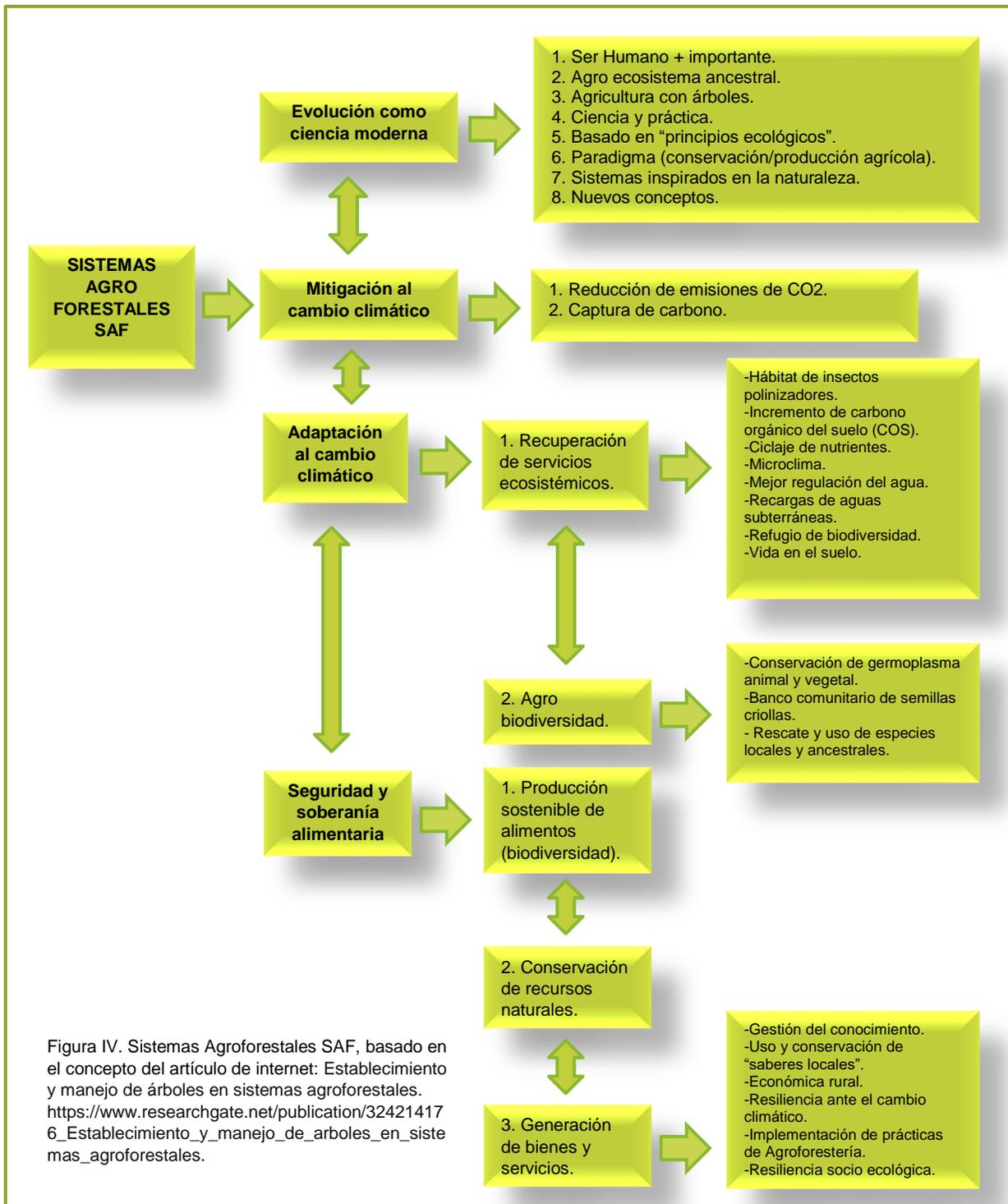
«Casi todos los sistemas agrícolas tradicionales, poseen árboles intercalados con cultivos o manejados en una forma zonal alternando árboles y cultivos y/o pastos; es decir, son SAF, aún con la modernización de la agricultura de la región, los paisajes agrícolas todavía contienen un alto número de árboles, estos árboles cumplen con muchos propósitos como producción (madera, leña, forraje, frutas, medicinas, etc.) además de servicios (sombra para cultivos y/o animales, protección como en el caso de cortinas rompe vientos, etc.), además, los árboles aumentan la diversidad biológica del agro ecosistema creando en sus ramas, en sus raíces y en la hojarasca, hogares para otros organismos».⁵

En el área del proyecto se puede establecer una jardinería con gramíneas que permiten una cobertura vegetal para protección del suelo y retención de humedad que puede ser aprovechada por los árboles en crecimiento, y al desarrollarse el bosque generara sombra que con el tiempo eliminará la cubierta de gramíneas establecidas permitiendo el crecimiento natural de otras especies de vegetación secundaria.

«Las técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales, en regiones con suelos fértiles los SAF pueden ser muy productivos y sostenibles; igualmente, estas prácticas tiene un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presenten problemas de baja fertilidad y exceso o escasez de humedad de los suelos».⁶

⁵ Beer J. Ibrahim, M. Somarriba, E. Barrance, A. Leakey R. 2004. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Capítulo 6. Árboles de Centroamérica. OFICATIE.

⁶ Musálem S. M. A. 2001. Sistemas agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales.



2.1.2 Árboles de uso múltiple

Budowsky (1987) cit. por Musálem (2001) lo define como: un árbol de uso múltiple es uno que en adición de los productos y servicios normalmente esperados como madera,

influencias micro climáticas, mejoramiento del suelo, adición de materia orgánica, proporciona productos y servicios adicionales tales como fijación de nitrógeno, forraje, productos comestibles para humanos, gomas, fibras y productos medicinales.

Por ejemplo en el proyecto se contempla establecer como mínimo 3 especies arbóreas con fines ornamentales y aromáticos y que a la vez no ofrezcan otros productos para consumo humano evitando así su depredación.

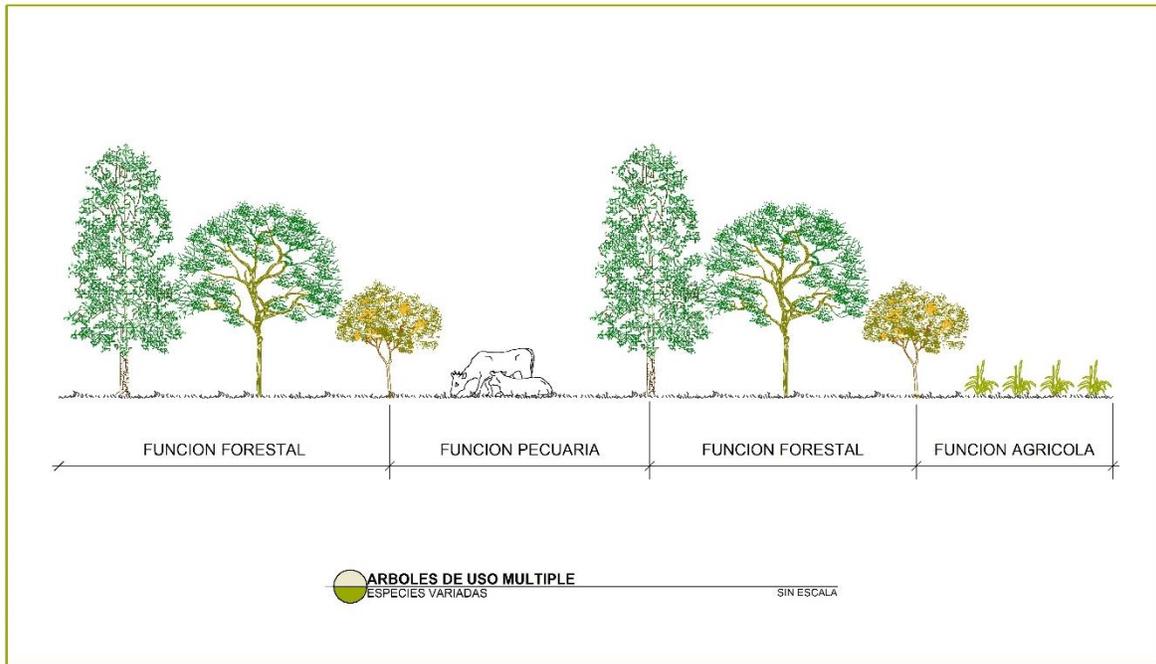


Figura V. Árboles de uso múltiple. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet: Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyam.info>.

2.1.3 Desarrollo Sostenible

Se considera como un desarrollo sostenible de la tierra que incrementa su rendimiento integral, combina la producción de cultivos arbóreos y plantas forestales, simultánea o secuencialmente en la misma unidad de tierra. «La sostenibilidad de un sistema de producción corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades siempre en aumento de la humanidad sin afectar, y de ser posibles, el recurso base del que depende el sistema».⁷

Un sistema agroforestal, desde el punto de vista socioeconómico, es sostenible si cumple con estos requerimientos:

⁷ Jiménez F. Muschler R. 2001. Introducción a la agroforestería. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Módulos de Enseñanza Agroforestal CATIE/GTZ.

- Satisfacer las necesidades energéticas de los beneficiarios.
- Satisfacer las necesidades alimenticias de los beneficiarios, en el caso de SAF con fines alimenticios.
- Fortalecer los vínculos de solidaridad entre los miembros de la comunidad local.

Con la Agroforestería se pretende integrar un manejo sostenible de la tierra que incremente su rendimiento integral, combinando la producción de plantas forestales, arbustivas y cubresuelos.

2.1.4 Sistema multidisciplinario

La agroforestería como ciencia, involucra tres disciplinas básicas: la silvicultura, la agronomía y la ganadería. La idea es combinar los diferentes componentes para alcanzar un sistema de manejo que toma en cuenta los requerimientos de cada componente, mientras asegura una producción óptima.

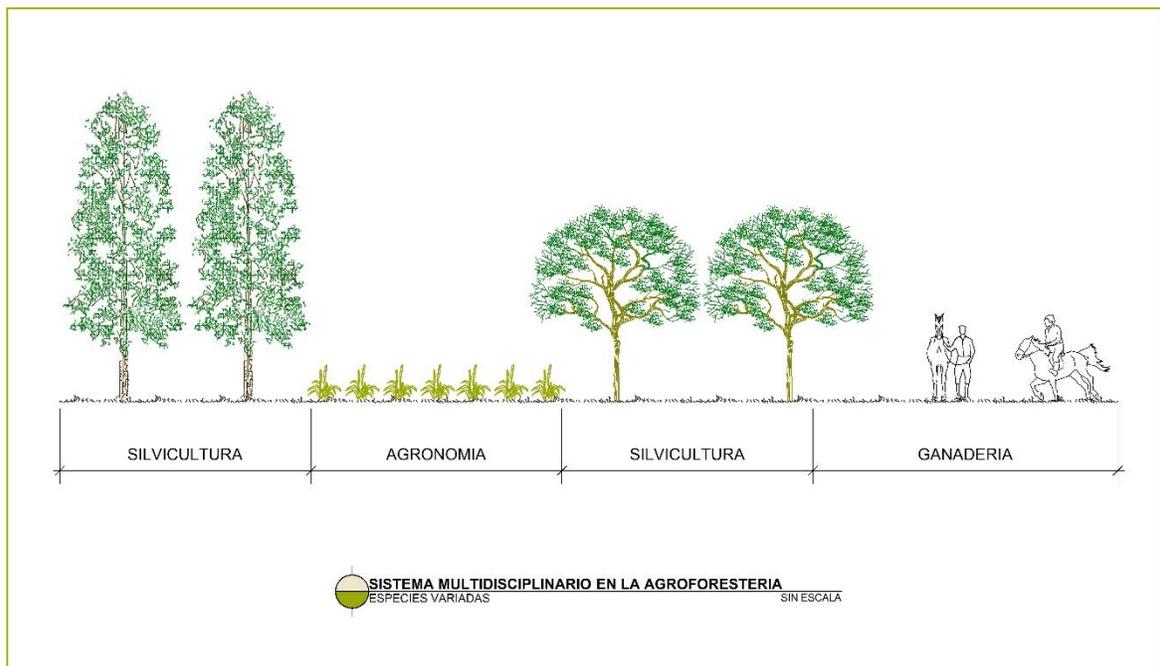


Figura VI. Sistema Multidisciplinario en la agroforestería. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet: Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyram.info>.

2.1.5 Potencialidad de la agroforestería

2.1.5.1 Ventajas

1. Mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.

2. Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento).
3. Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).
4. Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
5. Mantener la estructura y fertilidad del suelo: aportes de materia orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas).
6. Ayudar a recuperar suelos degradados.
7. Obtener productos adicionales: madera, frutos, leñas, hojarasca, forraje, etc.
8. Proveer hábitat para mayor biodiversidad.
9. Reducir externalidades ecológicas (contaminación de suelos y de acuíferos).

2.1.5.2 Desventajas

1. Puede disminuir la producción arbórea con especies incompatibles.
2. Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
3. Interceptación de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo.
4. Daños mecánicos eventuales a otras especies cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
5. El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.

2.1.6 Clasificación de los sistemas agroforestales

«Existen varios criterios para la clasificación de los SAF de acuerdo con el arreglo temporal y espacial de sus componentes, la importancia y rol de estos componentes, los objetivos de la producción del sistema y el escenario económico social. Hay dos categorías básicas de SAF: simultáneos y secuenciales».⁸

⁸ Rivas T. D. 2005. Sistemas Agroforestales 1.

2.1.6.1 Sistemas agroforestales simultáneos

Cuando todos sus componentes se encuentran presentes al mismo tiempo, que es más fácil de identificar. En un sistema simultáneo, los árboles y las cosechas agrícolas o los animales crecen juntos, al mismo tiempo en el mismo pedazo de terreno, estos son los sistemas en los cuales los árboles compiten principalmente por luz, agua y minerales, la competencia es minimizada con el espaciamiento y otros medios, los árboles en un sistema simultáneo no deben crecer tan rápido cuando la cosecha está creciendo también rápidamente, para reducir la competencia, los árboles deben tener también raíces que lleguen más profundamente que las de los cultivos, y poseer un dosel pequeño para que no los sombreen demasiado.



Figura VII. Sistema Agroforestal simultaneo. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet: Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyram.info>.

2.1.6.2 Sistemas agroforestales secuenciales

En los sistemas secuenciales, las cosechas y los árboles se turnan para ocupar el mismo espacio, los sistemas generalmente empiezan con cosechas agrícolas y terminan con árboles, la secuencia en el tiempo mantiene la competencia a un mínimo, los árboles en un sistema secuencial deben crecer rápidamente cuando los cultivos no lo están haciendo, deben reciclar minerales de las capas de suelo más profundas, fijar nitrógeno y tener una copa grande para ayudar a suprimir plantas indeseables.

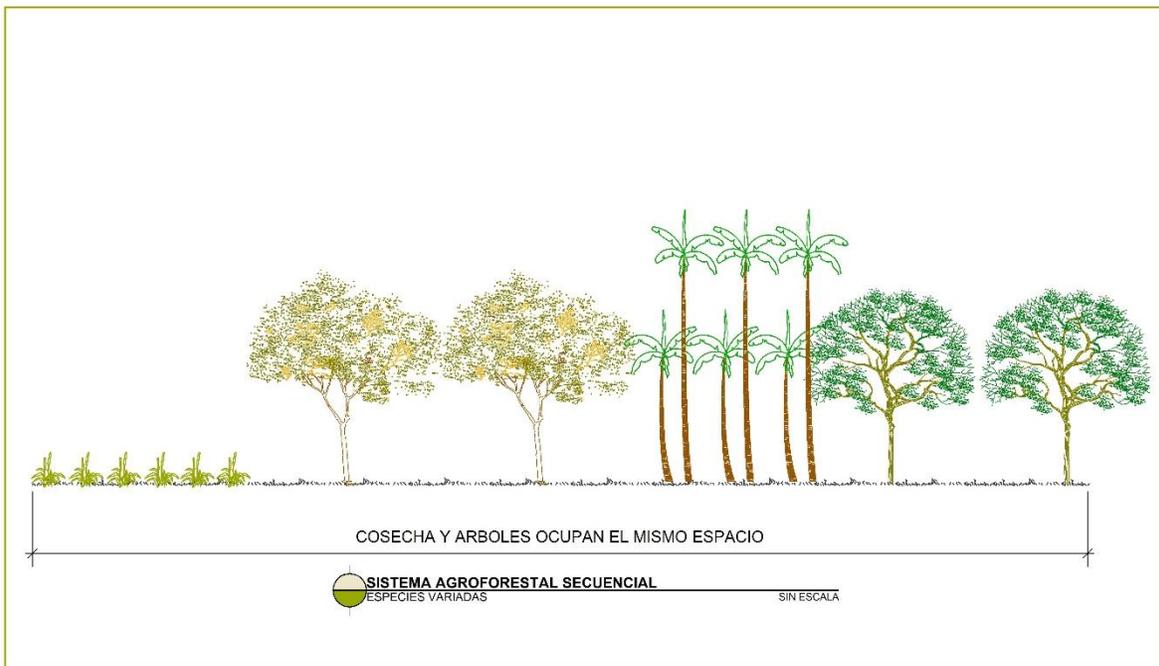


Figura VIII. Sistema Agroforestal secuencial. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet: Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyram.info>.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Gestión ambiental y manejo de RS's

«Conjunto de procesos, operaciones técnicas y actividades gerenciales, que tienen como objetivo asegurar el desempeño ambiental en el proceso de evaluación, control, seguimiento y vigilancia ambiental como parte de las fases de planificación, ejecución y vida útil de los proyectos, obras, industrias o actividades que operen dentro de las normas legales, técnicas y ambientales requeridas por la ley».⁹

Esto permite a las instituciones:

- 1) Identificar los impactos (positivos y negativos) de sus actividades y productos sobre el medio ambiente.
- 2) Gestionar y minimizar los impactos.
- 3) Gestionar las cuestiones ambientales en el desarrollo de sus actividades en el presente y en el futuro.
- 4) Garantizar la identificación y el cumplimiento de los requisitos legales aplicables a sus actividades y productos.

En cuanto al manejo de RS's, según Ronald Arrieta: «La gestión de residuos está referida al conjunto de actividades de almacenamiento, recolección, transparencia, procesamiento y disposición final de los RS's realizados en armonía con los principios de la salud pública, la economía, la ingeniería sanitaria, la conservación ambiental y la estética».¹⁰

El manejo de RS's no involucra la aplicación de complicadas tecnologías, pero sí de una actitud paciente por parte de quienes la dirigen. Esto requiere el apoyo de las autoridades, que por lo general deben ocuparse de problemas cuyas consecuencias negativas repercuten de manera más inmediata y, por consiguiente, absorben su atención. Básicamente hablamos de la gestión de los residuos, la recogida, el transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho. Esto implica tanto estados sólidos, líquidos, gases o sustancias radiactivas con diferentes métodos y técnicas especializadas para cada uno.

⁹ ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016. Artículo 3, inciso 36

¹⁰ Arrieta Ronald. Gestión de manejo de desechos sólidos en establecimientos. Costa Rica.

En términos generales la gestión y manejo de RS's se refiere a los materiales producidos por la actividad humana y en general, para reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente, dicha gestión también es llevada a cabo para recuperar los propios recursos de dichos residuos como lo es el reciclaje.

2.2.2 Clases de contaminación ambiental en rellenos sanitarios

Es común en el medio, que los habitantes carezcan de información ambiental y conocimientos que les permitan interpretar y valorar las condiciones naturales en las que vivimos, con total carecimiento de educación, cultura ambientalista y ética, pues desconocemos las consecuencias de la contaminación de nuestro medio ambiente, la superpoblación y el uso inadecuado de los recursos naturales ha llevado a la humanidad a enfrentar problemas de salud a nivel mundial, a continuación se encuentra una clasificación de contaminación ambiental que indica lo siguiente:

- **Contaminación atmosférica:** es la incorporación en el aire de residuos o productos gaseosos, sólidos o líquidos que alteran la naturaleza y pureza del oxígeno y afectan la salud de los seres humanos, produciendo danos en las plantas y en los animales.
- **Contaminación hídrica:** es la incorporación al agua de materias químicas, biológicas y térmicas que alteran la pureza de la misma, agotando el oxígeno y produciendo olores desagradables, convirtiendo el agua en no apropiada para el consumo humano y usos agrícolas e industriales.
- **Contaminación de los suelos:** la descarga de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos en la corteza terrestre no tratados provoca la contaminación del suelo, propiciando la aparición y proliferación de enfermedades que afecta la salud de los seres humanos, como los criaderos de mosquitos, mosca y otras plagas que de no tratarse pueden causar serios daños a los seres vivos.
- **Contaminación acústica:** esta contaminación es producida a través del ruido, cuando éste se convierte en un sonido molesto y que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos graves en los seres humanos y animales.
- **Contaminación visual:** consiste en la incorporación al ambiente de una excesiva presentación de imágenes o elementos que se captan con el sentido de la vista, principalmente los anuncios publicitarios que alteran la naturaleza del ambiente natural.

2.2.3 Manejo ambiental en rellenos sanitarios

La disposición final segura y confiable de un buen manejo ambiental a largo plazo en los rellenos sanitarios, debe ser un componente importante del Manejo Integral de RS's, ya que estos últimos se consideran como los materiales que ya no tienen un uso y que no pueden ser recuperados para los sistemas productivos.

El desarrollo e implementación de un PMA consiste en la selección adecuada de tecnologías y alternativas para satisfacer las cambiantes necesidades locales de manejo de residuos al mismo tiempo que se cumpla con los ordenamientos legales dispuestos por legislación ambiental del país en cuestión.

Un mal manejo de residuos produce una decadencia del medio ambiente debido a la contaminación de los recursos. Es de vital importancia las buenas prácticas del manejo ambiental en rellenos sanitarios para minimizar las implicaciones que conlleva vivir entre la basura.

A continuación se resume en el siguiente diagrama las consecuencias generales del mal manejo ambiental de RS's en un relleno sanitario:

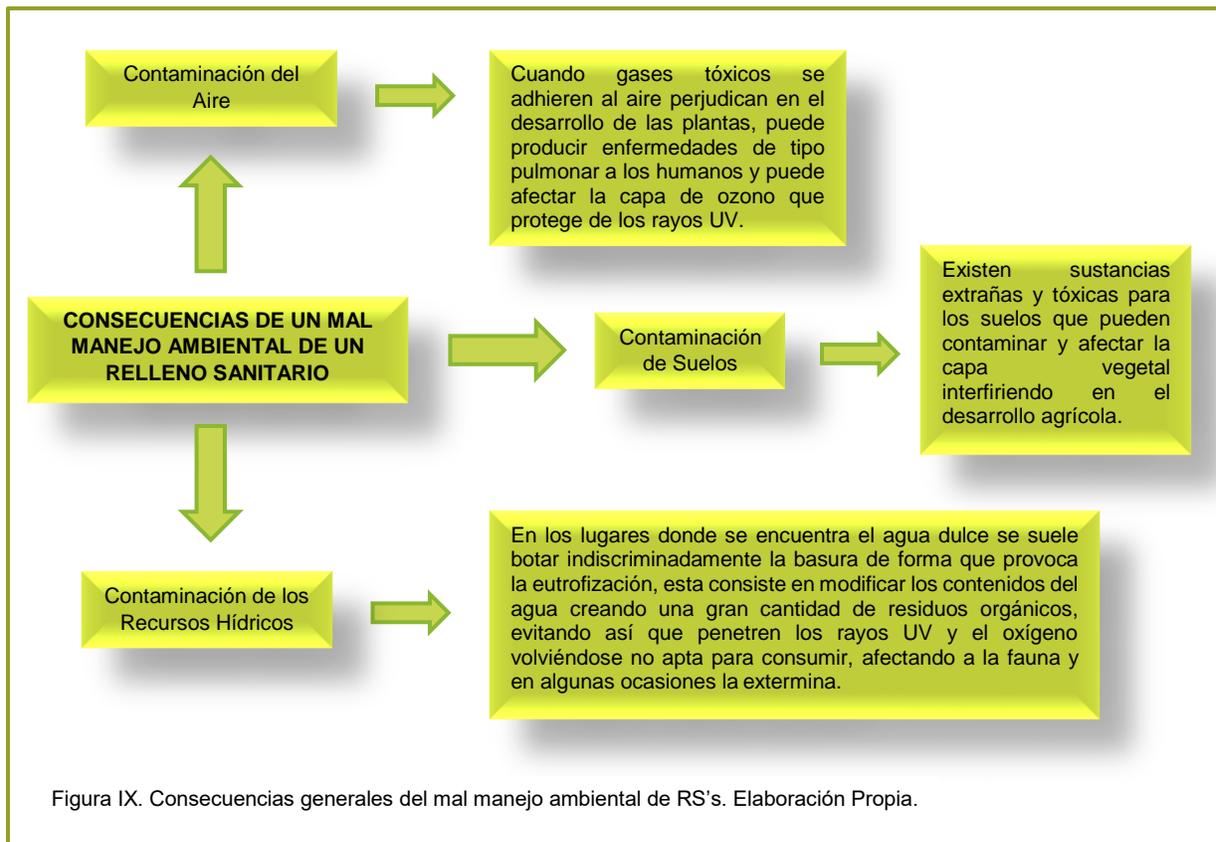


Figura IX. Consecuencias generales del mal manejo ambiental de RS's. Elaboración Propia.

Una vez resumidas las consecuencias generales del mal manejo ambiental en un Relleno Sanitario vemos las medidas a adoptarse para un buen PMA en rellenos sanitarios:

- **Medidas de prevención:** inclinadas a evitar la ocurrencia del impacto. Las medidas de prevención están asociadas al control de ciertos parámetros y al mantenimiento de equipos y procesos, por lo que muchas de estas medidas se detallan en el Plan de Monitoreo.
- **Medidas de mitigación:** asociadas a reducir el daño que el impacto ambiental ha producido.
- **Medidas de remediación:** tendientes al reacondicionamiento, redefinición, rectificación, modificación y restauración del medio que ha sido impactado.
- **Medidas de compensación:** acciones que se producirán como resarcimiento por un daño irreversible en el mismo sitio del emprendimiento u en otro.

Con estas medidas se observa que deben optimizarse los procesos, y minimizarse los volúmenes generados de residuos, para un mejor manejo ambiental en un relleno sanitario.

2.2.4 Definición de Agroforestería

Es el cultivo deliberado de árboles en la misma unidad de tierra, ya sea en forma de mezcla espacial o en secuencia temporal. Debe existir una interacción significativa entre los elementos arbóreos y no arbóreos del sistema, ya sea en términos ecológicos o económicos.

«Los SAF son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área definida; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio de la sostenibilidad».¹¹

«La agroforestería se puede considerar como la combinación multidisciplinaria de diversas técnicas ecológicamente viables, que implican el manejo de árboles o arbustos, cultivos alimenticios y/o animales en forma simultánea o secuencial, garantizando a largo plazo una productividad aceptables y aplicando prácticas de manejo compatibles con las habituales de la población local».¹²

«La agroforestería también puede desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados, suministrando hábitats y recursos para las especies de animales y plantas; manteniendo la

¹¹ López T. G. 2007. Sistemas agroforestales 8. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural.

¹² Musálem S. M. A. 2001. Sistemas agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales.

conexión del paisaje (y, de tal modo, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen); haciendo las condiciones de vida del paisaje menos duras para los habitantes del bosque; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; potencialmente disminuyendo los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes; y aportando zonas de amortiguación a las zonas protegidas». ¹³

2.2.4.1 Objetivos de la agroforestería

- Aumentar los niveles de materia orgánica del suelo.
- Fijar el nitrógeno atmosférico.
- Reciclar los nutrientes.
- Modificar el microclima.
- Optimizar la productividad del ecosistema respetando el concepto de producción sostenible.

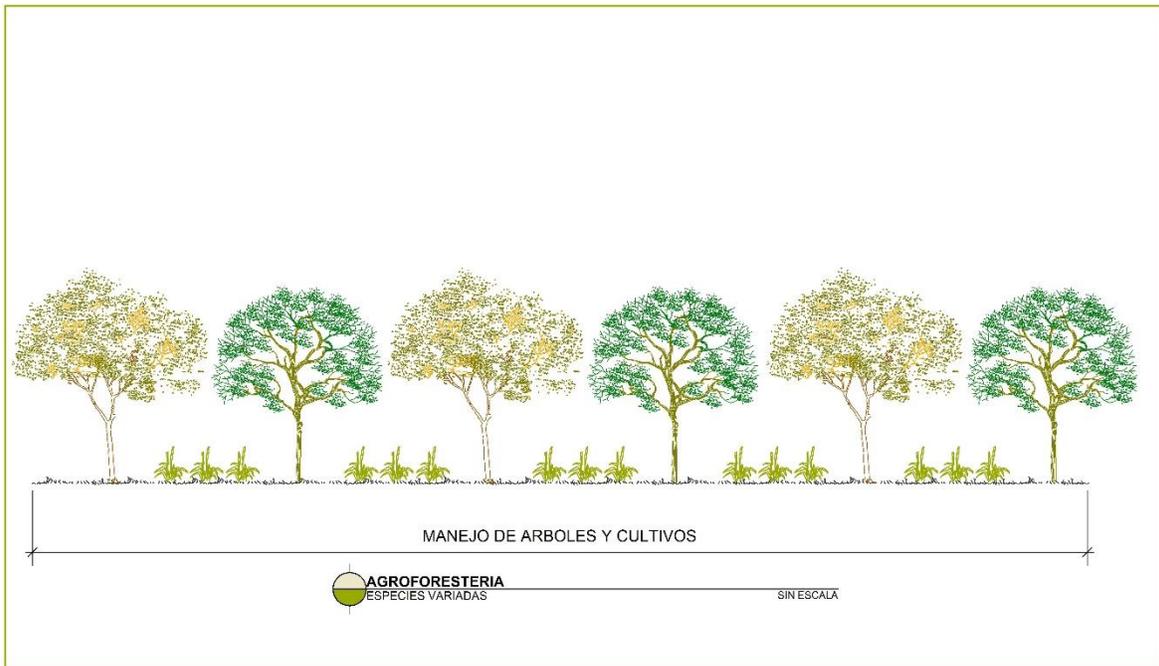


Figura X. Agroforestería. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet: Fundacion para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyram.info>.

¹³ Vargas R. V. Sotomayor G. A. 2004. Modelos agroforestales y biodiversidad. Seguimiento al Tema Especial I. Conservación de la biodiversidad. Revista ambiente y desarrollo de CIPMA.

2.2.5 Definición de Barreras vegetales

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso dispuestas con determinado distanciamiento horizontal y sembradas a través de la pendiente, casi siempre en contorno o en curvas de nivel.

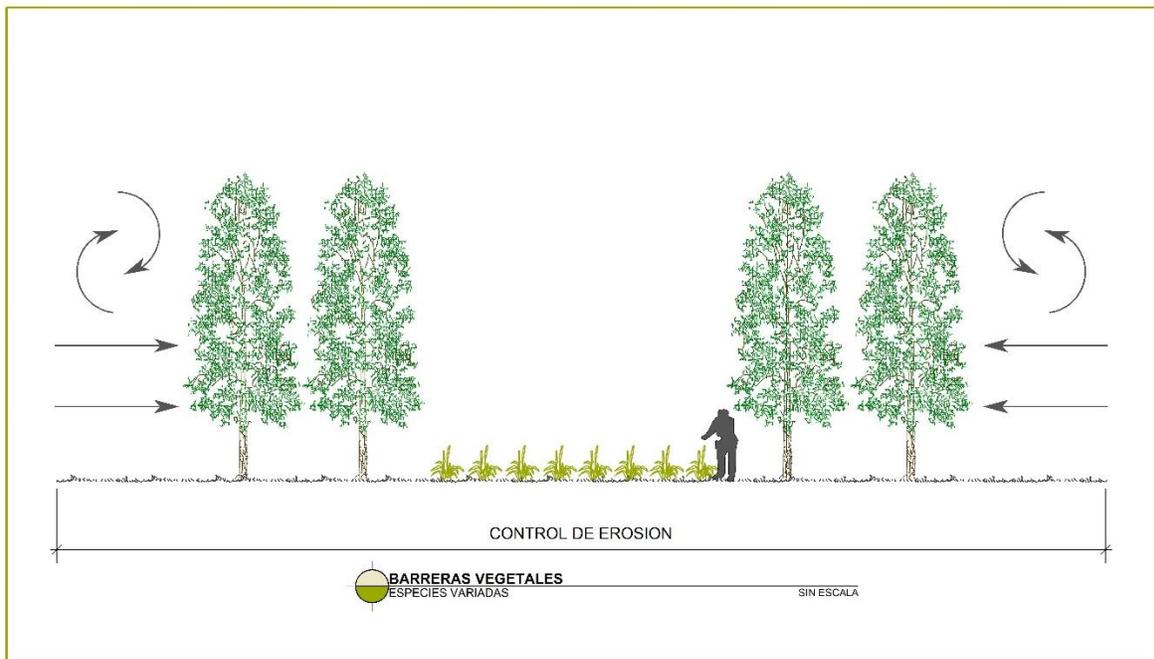
«Incluyen el uso de árboles y arbustos, junto con otros componentes, para formar hileras entre callejones usados generalmente para cultivos anuales o delimitación de predios. Se utilizan principalmente para mejorar el suelo por ejemplo fijación de nitrógeno, uso de mulch arbóreo (cubierta vegetal del suelo) y reducir erosión en pendientes».¹⁴

El establecimiento de las barreras vegetales implica una reducción en costos con respecto a las cercas muertas, reduce la presión sobre el bosque por la búsqueda de postes y leña y además ofrece follaje en cantidad y de calidad durante la época seca.

2.2.5.1 Funciones

Las barreras vegetales se establecen con el fin de controlar cierto grado los niveles de erosión de los suelos. Estas actúan como reductoras de la velocidad del agua de escorrentía pendiente abajo y además sirven como filtros vivos, que retienen los sedimentos del suelo y los residuos vegetales que transporta el agua que escurre sobre el terreno.

Las barreras vegetales impiden que los flujos de agua o viento adquieran velocidades erosivas y permiten a las partículas finas del suelo sedimentarse.



¹⁴ Jiménez F. Muschler R. 2001. Introducción a la agroforestería. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Módulos de Enseñanza Agroforestal CATIE/GTZ.

2.2.6 Barreras vegetales en rellenos sanitarios

Su concepto consiste en sembrar líneas de árboles o de arbustos perpendiculares a la dirección predominante del viento, así como también para seguir los límites de una propiedad o marcando las divisiones entre parcelas según los diferentes usos del suelo, mediante las cuales se puede disminuir la dispersión del polvo de los caminos interiores o de acceso a los campos, proteger y conservar los recursos naturales y aislar visualmente algunos sectores del predio como (cultivos anuales o perennes, potreros, bosques, rellenos sanitarios, parques, cementerios, etc...). Esta práctica tiene diferentes nombres, según el lugar: cercas vivas, barreras vegetales, cortinas forestales, setos vivos, postes vivos, estacas vivas, etc.

Las cercas vivas o barreras vegetales ofrecen un sin fin de beneficios, pero no se encuentran muy difundidas en nuestra región. Por tal motivo es necesario hacer conocer a la población los beneficios que nos ofrecen y fomentar su implantación. Entre sus beneficios tenemos:

Figura XI. Barreras vegetales. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet: Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyram.info>.

- 3) Generar un microclima en el área protegida más saludable.
- 4) Servir como filtros naturales en el ambiente.
- 5) Servir como corta fuegos.
- 6) Conservar la humedad y mejorar la calidad de los suelos.

Es posible también generar áreas para el desarrollo de la vida silvestre, y la implantación de estas barreras promueve un aumento de la producción de forraje de la superficie protegida, determinado por los cambios micro climáticos que derivan de la disminución de la velocidad del viento, además brindan refugio a las aves y animales silvestres, pudiendo albergar diferentes especies favoreciendo así el equilibrio ecológico de la zona.

En el caso de un relleno sanitario, es necesario tener en cuenta que esa forma de disposición de residuos también incluye un tratamiento, y que el objetivo principal es dar una solución ambientalmente apropiada y económicamente viable a un problema actual, sin producir consecuencias negativas en el futuro. Los nuevos usos en los rellenos sanitarios deben priorizar no solo las buenas prácticas basadas en conciencias ambientales y sociales, sino también aquellas que la propia legislación disponga.

Muchas áreas usadas durante la vida útil del Relleno Sanitario pueden necesitar acciones específicas de recuperación y reincorporación al paisaje local y regional. Entre las medidas requeridas está la recomposición de la vegetación por medio de Barreras

Vegetales que, a pesar de no contribuir de lleno en la recuperación ambiental, puede minimizar los impactos causados por la disposición de residuos, junto con el monitoreo ambiental y el manejo ambientalmente sano de los residuos.

En proyectos de vegetación de vertederos de residuos urbanos sólidos, es muy común el uso de pastos, ya que su aplicación tiene un efecto visual bueno y ayuda a la reducción de la erosión superficial, motivo por el cual con frecuencia los exigen los órganos ambientales.¹⁵

Finalmente, podemos decir que el valor de un campo se ve incrementando por la implantación de las barreras vegetales, ya que las forestaciones se consideran como una mejora que aumenta el valor de las tierras.



Figura XII. Restauración Paisajística del Vertedero de Residuos de la Vall d'en Joan Batlle i Roig Arquitectes. El Garraf, Barcelona, España. Imagen digital: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-142008/en-detalle-restauracion-paisajistica-del-vertedero-de-residuos-de-la-vall-den-joan-battle-i-roig-arquitectes>.

2.2.7 Casos análogos de proyectos agroforestales en rellenos sanitarios a nivel internacional

2.2.7.1 Japón

Un primer ejemplo es el de Japón, uno de los países más desarrollados en los temas de tratamiento de RSU's, debido a que por muchos años allí se han rehabilitado los

¹⁵ Andrade, J. C. da M. e. 2005. Fitotransporte de Metales en especies arbóreas y arbustivas en Vertedero de residuos sólidos urbanos. Tesis de doctorado, Rio de Janeiro, COPPE, UFRJ.

vertederos y se ha construido sobre ellos, ante la escasez y los altos costos de los terrenos. Según su legislación, un vertedero finaliza con el proyecto de cierre. Inicialmente se han definido las características de sus residuos y el método de operación a emplear, el que debe estar relacionado con las alternativas medio ambientales de uso, que posteriormente se darán al lugar y el método de operación a emplear. Se estima que en los próximos 5 años, 2300 vertederos municipales serán llenados con basura domiciliaria y 2500 con residuos industriales. Todos ellos serán empleados posteriormente dándole un nuevo uso al suelo de manera ecológica o bien en la construcción de proyectos de vivienda e industria por su falta de espacio antes mencionada.

Desde 1995 Japón presenta una proposición de metodología secuencial de investigación para todos aquellos antiguos vertederos a reinsertar. «Gran parte de estas proposiciones se han obtenido de los muchos casos que trae la historia japonesa, como la construcción de un colegio en Fukuoka; un edificio de altura en el centro de la Ciudad de Osaka; un club de golf en la Ciudad de Tokio y parques recreativos o ecológicos».¹⁶

Con el fin de reducir el impacto negativo de la basura que genera la población sobre el ambiente, en Tokio, Japón, comenzaron a construir la primera **isla**, que ocupa alrededor de mil hectáreas, con esos mismos desechos.

La isla recibió el apodo “Wasteland”, que significa la isla del desecho en inglés y la parte que está más avanzada se llama Umi no Mori (bosque del mar). Esta isla está ubicada en la bahía de Tokio y contiene un centro de tratamiento e incineración de residuos, que se está ampliando para convertirla en una zona verde. También, esta novedosa **isla** tendrá un parque acuático y un embarcadero de mercancías cuya apertura se prevé en el año 2038. “Se creó para convertir algo negativo, la basura que genera la gente a diario, en algo positivo. Dará a luz a un área de árboles que se plantarán y cuidarán por los ciudadanos, convirtiéndose en un bosque maravilloso,” comentó su creador, el reconocido arquitecto japonés Tadao Andô.

¹⁶ Hirata, T., Hanashima M., Matsufuji, Y., Yanase, R., and Maeno Y., (1995), "Construction of facilities on the closed landfills". Sardinia 95. Fifth International Landfill Symposium, (1995).



Figura XIII. Isla Umi no Mori (Bosque del mar) Tokio, Japón. Imagen digital:
<https://www.infobae.com/economia/rse/2017/07/19/el-increible-proyecto-wasteland-la-isla-japonesa-de-basura/>.

2.2.7.2 España

Una de las primeras acciones realizadas en España destinadas al sellado y reinsertión del terreno que ha sido soporte de vertederos municipales, fue el Programa Coordinado de Actuación de Residuos Sólidos Urbanos (PCARSU), que se lleva a cabo en la Comunidad Autónoma de Madrid a partir de 1985. Los vertederos municipales no controlados fueron inicialmente caracterizados, para posteriormente proceder con el programa de sellado, en el cual han participado todos los municipios con estos vertederos.

El financiamiento de este programa ha sido asumido en su totalidad por el gobierno regional. Los emplazamientos reinsertados, han sido destinados fundamentalmente en proyectos agroforestales de zonas de cultivo de especies madereras, zonas recreativas y parques.



Figura XIV. Obras de sellado y restauración de los vertederos municipales de residuos inertes de Carabaña y de Valdilecha, Madrid, España. Imagen digital: <https://www.solucionesambientalesprojar.com/project/sellados-y-restauracion-de-vertederos-municipales/>.

2.2.7.3 Estados Unidos

En Estados Unidos, fallas producidas en antiguos vertederos dio origen a que se introdujeran regulaciones que posteriormente pasaron a ser rigurosas leyes para el manejo de los RSU's. Estas nuevas normativas incluyen la evaluación, investigación, planificación, construcción, financiamiento, cierre y mantención del lugar, con la debida protección del medio ambiente. Existe una tendencia en los Estados Unidos a que los propietarios de los rellenos sanitarios tengan la obligación de preservar la integridad del sellado por un período de al menos 30 años con posterioridad al cierre, esto se aplica al sector público y al sector privado.

Con relación a las opciones de uso futuro de un relleno sanitario, se plantean principalmente tres tipos de alternativas: agrícola, recreacional y comercial. «El empleo en terrenos agrícolas es el de uso posterior más frecuente en ese país, ya que no requiere mayores planificaciones durante el diseño y la operación, ni tampoco grandes inversiones

en la etapa posterior al cierre». ¹⁷ Esto se ve facilitado al sembrar especies que no requieren que la cobertura final de suelo tenga un gran espesor para servir como soporte a la cubierta vegetal.

Un ejemplo claro de la reintegración de un Relleno Sanitario clausurado en marzo de 2001, el cual se encuentra en Nueva York, en el condado de Staten Island, donde dicha ciudad descargo desechos sólidos de forma masiva y hoy se encuentra en la actualidad el Parque Freshkills, el cual se convirtió en uno de los mayores parques urbanos de Estados Unidos y está en camino de ser declarado el mayor proyecto de conversión de basura a parque del planeta.



Figura XV. Freshkills park, Staten Island, Nueva York) / James Corner Field Operations. Imagen digital: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/786608/12-proyectos-que-explican-las-potencialidades-del-paisaje-como-medio-de-intervencion-urbana>.

¹⁷ Wallace, R.B., Ulrich, C.M., (1995), "Closure of landfills: future land use". Sardinia 95. Fifth International Landfill Symposiums Margherita di Pula, Cagliari Italia, October. (1995).

2.2.7.4 Brasil

Algunas ciudades brasileñas ya están poniendo en práctica programas de recuperación paisajística en rellenos sanitarios, basándose principalmente en la recomposición vegetal. La Ciudad de São Paulo tiene algunas experiencias, como el caso del vertedero sanitario de Vila Albertina, pero la mayoría aparece apenas como proyecto de la Municipalidad de transformación de estas áreas en parques; por ejemplo, los vertederos de basura de São Mateus (cerrado en 1985), Sapopemba (1984) y Jacuí (1988).

En 2000, el ingeniero agrónomo Júlio Caesar da Matta y Andrade desarrolló una investigación basada en una experiencia realizada en São Paulo en el vertedero sanitario de Santo Amaro (Zona Sur), cerrado en 1995. En esta área, aún contaminada, fueron plantadas por Andrade cerca de 2.400 plantas de semillero de 24 clases diferentes, siendo parte de ellas nativas de la Mata Atlántica originaria de la región. Para aumentar las posibilidades de supervivencia de las plantas, fueron inoculados microorganismos (bacterias y hongos) en las de semillero. Cerca del 80% germinó normalmente. Los metales pesados (plomo, galvanizados, cromados, cadmio, selenio y otros) contenidos en el subsuelo no fueron absorbidos por las raíces de las plantas en cantidades significativas. Los especialistas recomiendan monitoreos especiales, pues algunos de estos metales pueden causar cáncer y enfermedades neurológicas.

“La práctica más común es esperar durante un período comprendido entre la desactivación del vertedero y el surgimiento de espacios verdes, llamado «tiempo de mantenimiento». En este período, variable de un vertedero de basuras a otro, debe realizarse el trabajo de drenaje de sustancias tóxicas provenientes de los detritos (que siguen produciéndose durante algunos años después del final). Esto está llevándose a cabo en el vertedero cerrado de Santo Amaro».¹⁸

Otro ejemplo de un programa de recuperación de áreas con vertederos de basura, y con medidas detalladas adecuadamente, está en la Ciudad de Londrina, Paraná, donde se está aplicando la siguiente planificación del trabajo:

¹⁸ Leite, T. M. C. 2005. Entraves espaciais: análise de brownfields caracterizados por aterros de resíduos sólidos urbanos desativados no município de São Paulo/SP. Tesis de doctorado, Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

1	Definición de las etapas del programa según el cronograma de implantación del emprendimiento.
2	Elaboración de los detalles de ubicación de las especies que usarán y delineamiento espacial de las estrategias de la nueva composición paisajística y de vegetación.
3	Promoción de retirada previa de las capas (orgánicas) superficiales de las tierras de las áreas para ser degradadas y reservadas. Los depósitos tendrán sistema de drenajes periféricos de protección, y sus áreas expuestas serán recuperadas con gramíneas para evitar pérdidas por erosión.
4	Acuerdo de contratos convenciones para suministro de plantas de semillero de las clases elegidas.
5	Demarcación topográfica de las áreas que serán recuperadas.
6	Ejecución de la plantación de recuperación.
7	Mantenimiento y conducción de las nuevas áreas con vegetación.

Tabla II. Programa de recuperación de áreas con vertederos de basura, planificación de trabajo. Elaboración Propia.

En otras experiencias de recuperación de vertederos sanitarios, en algunas ciudades de la región de Fortaleza, en el nordeste brasileño, la plantación de gramíneas fue usada en las cuestas y en el resto del área. Estas especies se encontraban en los bosques cercanos, lo cual permitió una proximidad más grande con el ambiente original, verificándose las más adaptables a la tierra y clima locales.

En la ciudad de Río Claro, São Paulo, fue construida una plaza pública en un área de un antiguo basurero, con toda la infraestructura necesaria: vegetación arbórea, arbustiva y gramínea; bancos y postes de iluminación; quiosco de revistas, etc. Las especies arbóreas usadas fueron las típicas de plantaciones urbanas de esa región del estado de São Paulo: 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, São Paulo, en 2002 se cumplieron diez años del final de las actividades del vertedero de basuras del barrio, hoy convertido en área de recreación. El vertedero antiguo, que recibió un millón de toneladas de basura domiciliaria entre 1984 y 1992, tiene reforestado hoy el 80% de sus 300.000 m². La desactivación del vertedero de basuras fue considerada una gran victoria de la comunidad, pues desde 1984 había protestas para llamar la atención sobre el problema de la basura en la ciudad, y del basurero.

A este respecto, Andrade (2002) apunta «que un vertedero sanitario puede ser usado como área de recreación y deportes, o como parque con árboles de gran porte, sin traer riesgos al ambiente o a la salud humana».¹⁹ El autor anota que también es posible cultivar plantas alimenticias en áreas donde se depositó la basura.



Figura XVI. Parque Santa Bárbara, São Paulo, Brasil. Imagen digital: <http://www.paisefilhas.com.br/parque-dos-ipes-santa-barbara-d-oeste/>.

2.2.7.5 Chile

Con respecto a rehabilitación de vertederos en Chile, la situación hasta hace poco tiempo no presentaba los niveles de desarrollo conocidos para otras etapas del manejo.

Con relación a las experiencias de reinserción de carácter natural que se han realizado en Chile y que no han contado con proyectos específicos, algunas de las cuales se mencionan en el estudio del Comité Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), se puede decir que estudios preliminares muestran que podrían ser numerosos los casos donde se ha empleado sitios ocupados por antiguos vertederos, sin que haya existido un estudio riguroso previo ni menos un programa de reinserción.

Casos con una mayor planificación, o de un uso más racional del suelo son a modo de ejemplo los del antiguo relleno Intercomunal La Reina, en Santiago, que funcionó hasta aproximadamente 1970 y fue sometido a cierre en 1977, se habilitó parte de lo que

¹⁹ Andrade, J. C. da M. e. 2002. Natureza pode retornar a aterros de lixo desativados. Em: Folha de São Paulo. Matéria de Pedro Soares e Renato Essenfelder, da Folha de S.Paulo, abril de 2002.

actualmente es El Parque Padre Hurtado (antes llamado «Parque Intercomunal de La Reina» y renombrado en memoria del padre Alberto Hurtado) , existiendo actualmente sobre él, canchas de fútbol, caminos de tierra, estacionamientos y plantaciones principalmente del tipo arbóreas.

El vertedero de Curicó, que recibió las basuras de esta ciudad y de Molina entre los años 1960 a 1986 aproximadamente, se impulsó por parte de la Municipalidad , y la idea de construir el Parque Santa Fe la que prosperó en 1995 a través del programa de parques del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).



Figura XVII. El Parque Padre Hurtado (antes llamado «Parque Intercomunal de La Reina» y renombrado en memoria del padre Alberto Hurtado). Imagen digital: http://www.plataformaurbana.cl/archive/2012/09/04/guia-urbana-de-santiago-parque-padre-hurtado-2/tpm_2905/.

2.2.8 Casos análogos de proyectos agroforestales en rellenos sanitarios a nivel nacional

2.2.8.1 Guatemala

En el departamento de Guatemala municipio de Villa Nueva se encuentra el Relleno Sanitario autorizado por medio de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán (AMSA), la cual fue creada con el Decreto No. 64-96 del Congreso de la República de Guatemala, el 18 de septiembre de 1996 con el propósito de resguardar y

recuperar el Lago de Amatitlán, mediante la descontaminación y el uso racional de los recursos renovables y no renovables de las zonas de recarga de acuíferos y zonas boscosas. Entre las divisiones que posee AMSA se encuentra la División de manejo de Desechos Sólidos que se encarga del manejo sustentable que se generan en la cuenca del lago de Amatitlán. El cual está al servicio de los municipios: Villa Nueva, San Miguel Petapa, Villa Canales, Amatitlán, San Lucas Sacatepéquez, Mixco, sur de Guatemala, Santa Catarina Pínula, Santa Lucía Milpas Altas y Palín del departamento de Escuintla.

Se estima que diariamente ingresan casi 1,000 toneladas de desechos orgánicos e inorgánicos al vertedero controlado del kilómetro 22 y gran parte del presupuesto para el período fiscal 2018 que asciende a 25 millones de quetzales, es destinado para el manejo adecuado de los desechos.

La División Forestal tiene a cargo la reforestación, la cual repone y estabiliza los suelos mediante la recuperación de áreas boscosas, posee un cercado y cortina arbórea del relleno la cual permitirá mejorar el paisaje y también contribuirá en algún porcentaje a la oxigenación del área, ubicada en el km. 22 carretera al pacífico.

AMSA cuenta con programas de concientización y formación de una cultura ambiental para la población los cuales son implementados por la división de educación ambiental y cuenta con un encargado del buen funcionamiento del relleno sanitario, tratamiento de lixiviados y la supervisión de planta de clasificación, compostaje y el mantenimiento y consolidación de suelos con riesgos a erosión, prácticas de prevención y control de incendios forestales.



Figura XVIII. Aprovechamiento de semillas del vertedero controlado Km 22 AMSA. Imagen digital: Elaboración propia.



Figura XIX. Implementación de especies forestales en la colindancia hacia la carretera CA-9 Sur en el vertedero controlado Km 22 AMSA. Imagen digital: Elaboración propia.



Figura XX. Implementación de especies forestales arbustivas en las calles internas en el vertedero controlado Km 22 AMSA. Imagen digital: Elaboración propia.

2.3 Marco legal y político

Uno de los elementos del Estado es el ordenamiento jurídico, existiendo dentro de la República de Guatemala, un conjunto de normas que regulan la protección del medio ambiente.

El investigador Raúl Brañes, define al derecho ambiental, «como un conjunto de normas jurídicas que regulan las conductas humanas que pueden influir de una manera relevante en los procesos de interacción que tienen lugar entre los sistemas de los organismos vivos y sus sistemas de ambiente, mediante la generación de efectos de los que se espera una modificación significativa de las condiciones de existencia de dichos organismos vivos».²⁰

Raquel Gutiérrez Nájera citada por Brañes, define al derecho ambiental, como: «Un conjunto de normas que tienen por objeto regular las conductas que inciden directa o indirectamente en la protección, preservación, conservación, explotación y restauración de los recursos naturales bióticos y abióticos».²¹

Entre las fuentes del derecho ambiental se encuentran: Las formales, las reales y las históricas.

- En el caso de las fuentes formales del derecho ambiental, se tiene que son: «La ley, 106 tratados internacionales; los principios generales de derecho ambiental; los fallos internacionales de derecho ambiental y la costumbre internacionales».²²
- En cuanto a las fuentes reales, estas pueden ser consideradas como los hechos naturales, sociales, económicos y políticos que producen modificaciones en las relaciones y regulaciones legales de dichas relaciones del hombre con el medio ambiente. El hecho de que una especie animal o vegetal se encuentre en peligro de extinción hace surgir la necesidad de su protección legal.
- En el caso de las fuentes históricas dentro del derecho ambiental' se tiene especialmente la derivada de los acontecimientos periódicos del clima De tal manera que el acontecimiento cierto, comprobable y repetible, que además afecta determinados elementos de vida del ser humano, son susceptibles de regulación legal.

²⁰ Brañes, Raúl. Las fuentes del derecho ambiental, manual de derecho ambiental mexicano; Pág. 32

²¹ *Ibid.* Pág. 16.

²² Maes, Franc Los principios de derecho ambiental, su naturaleza y sus relaciones con el derecho ambiental marítimo. Un cambio para los legisladores nacionales. Ed Broullant, Bruselas 2002. Pág. 3.

2.3.1 Historia del derecho ambiental en América Latina

En la evolución del derecho ambiental en América Latina es posible distinguir tres períodos en el siguiente cuadro:

Primer Período	<p>El primero comprende el prolongado intervalo de producción legislativa iniciado en el siglo XIX con la promulgación de las primeras constituciones y códigos civiles, herederas de disposiciones dispersas sobre el uso de los recursos naturales, las piezas legislativas promulgadas en este período ajenas a consideraciones ecológicas y, especialmente al concepto de derechos ambientales. Operaron más como filtro burocrático para asegurar el control de la oferta ambiental que como mecanismo de administración pública. Buena parte de ese material legislativo sobrevive como legislación sectorial.</p>
Segundo Período	<p>Alcanzó su clímax en la posguerra, donde la Conferencia sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo en 1972 inauguró un segundo período en la historia de la normativa ambiental latinoamericana. Se formaron proyectos para recuperar y sistematizar elementos de derecho ambiental sobre los recursos naturales renovables y no renovables: recursos naturales, salud pública, aguas, bosques, caza, pesca, control sanitario y sistemas de parques nacionales. Entre 1974 y 1990 varios países adoptaron una ley como marco en asuntos ambientales. Si bien durante este período cada país contaba, por lo menos con una agencia gubernamental dedicada al manejo de los recursos naturales y el control ambiental, esa época caracterizada por la ausencia de voluntad política, la práctica administrativa de la mayoría de estos países a la protección del ambiente fue una tarea secundaria, desligada de las prioridades públicas de la planeación económica nacional. La dimensión ambiental no estuvo sobre asentamientos humanos y ordenamiento territorial, mientras que el nivel de conciencia ambiental fue especialmente bajo los ejecutores de decisiones públicas.</p>
Tercer Período	<p>En la evolución del derecho ambiental latinoamericano el orden jurídico se ha distinguido por el reconocimiento del derecho a un ambiente sano y su consagración como derecho fundamental o colectivo en las constituciones de la mayoría de los países de la región. Entre los diferentes países del continente no existe uniformidad en cuanto al grado de desarrollo de sus instrumentos legales y de política ambiental. La adopción de una ley orgánica o ley de marco ambiental es un prerequisite para garantizar la existencia de un sistema jurídico coherente de política y gestión ambiental y en este sentido las diferencias se han dispersado en la última década, pues 17 de los 20 países de la región cuentan con una ley marco ambiental, y aquellos que aún no la poseen están comprometidos en su formulación. En este orden de ideas el paso más significativo ha sido la consolidación en la década de los noventa donde se tiende a elevar los principios ambientales a rango constitucional.</p>

Tabla III. Evolución del derecho ambiental en América Latina. Elaboración Propia.

2.3.2 Legislación Ambiental Guatemalteca

2.3.2.1 Antecedentes

Cuadro cronológico de antecedentes ambientales en Guatemala:

1948 Francia	Congreso Constitutivo de Unión Internacional para la conservación de la naturaleza. Salvar el conjunto del mundo vivo y el medio ambiente natural del hombre.
1968 Asamblea General de las Naciones Unidas	Conferencia Mundial y como antecedente a esta se programó una reunión de expertos. Conclusión: Deterioro de la calidad de vida y la vida misma.
1972 Estocolmo	Conferencia de las Naciones Unidas para el medio ambiente afirma la posibilidad de planificar el desarrollo de tal manera de no provocar daños irreversibles en el mismo.
1980 U.I.C.N. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza	Llamado a la responsabilidad de la conservación de los recursos.
1987 Comisión Mundial del Medio Ambiente	Informe denominado "Nuestro Futuro Común" establece consideraciones sobre las estrategias ambientales a largo plazo, para lograr un desarrollo sostenible.
1992 Brasil	Cumbre de la Tierra. "Los compromisos de Río". Los Estados signatarios se comprometen, dentro de la Preservación del desarrollo sostenible a la protección, sobre todo del ser humano.

Tabla IV. Cuadro cronológico de antecedentes ambientales en Guatemala. Elaboración Propia.

Dentro de los artículos nacionales que protegen y velan por el medio ambiente en Guatemala se encuentran:

- **Constitución Política de la República de Guatemala**

En el Artículo 97 del mismo cuerpo legal, establece: que el Estado, las Municipalidad es y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

- **Medio Ambiente y equilibrio ecológico (Art. 98)**

El estado, las Municipalidad es y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se distaran todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y aprovechamiento de la

fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente evitando su depredación.

- **Reforestación (Art. 126)**

Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozaran de especial protección.

- **Régimen de aguas (Art. 127)**

Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescindibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia.

- **Código de Salud (Dto.90-97)(Arts. 3, 68, 69, 70, 71, 72, 74)**

Artículo 3. Responsabilidad de los ciudadanos.

Artículo 68. Ambientes saludables.

Artículo 70. Vigilancia de la calidad ambiental.

Artículo 71. Derecho a la información.

Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales.

Artículo 74. Evaluación de impacto ambiental y salud.

Artículos 102, 103 y 104, establecen: Que es responsabilidad de las Municipalidad es la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables.

Las Municipalidad es podrán utilizar lugares para la disposición de desechos sólidos o construcción de los respectivos rellenos sanitarios. Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud de la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento o disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.

- **Código Municipal del Congreso de la República de Guatemala (Dto.12-2002)**

La Municipalidad vela por la comisión de fomento económico, turismo, ambiente y recursos naturales. De conformidad con el artículo 35 literal y del código municipal,

le compete al Concejo Municipal, la promoción y protección de los recursos renovables y no renovables del municipio.

- **Acuerdo Gubernativo de Creación de la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos (234-2004).**

La contaminación de los suelos y las aguas por desechos sólidos constituye un problema de saneamiento ambiental que ha adquirido proporciones alarmantes en todo el país y que además puede poner en riesgo la salud y bienestar de sus habitantes. El manejo de los desechos sólidos debe tener un tratamiento integral, en el que se prevenga y reduzca la producción de los desechos, que valore en lo posible, los materiales por el reemplazo, el reciclaje y propicie el desarrollo de formas de recolección y tratamiento, que organicen el transporte, que minimice la cantidad de desechos colocados en los sitios de disposición final y garantice el tratamiento adecuado como parte de un proceso.

Este acuerdo crea la comisión nacional para el manejo de desechos sólidos (CONADES), como la comisión encargada de coordinar y ejecutar acciones técnicas y legales para el manejo de desechos sólidos en el país. En abril del año 2005, por Acuerdo Gubernativo No.111-2005 se aprueba la política nacional, establecida con una visión de 10 años, indicando una serie de medidas que buscan alcanzar un eficiente manejo de los desechos sólidos en el país.

- **Contaminación (Art. 347^a)**

Sanciones con prisión o multa a quien contamine el aire, el suelo por las aguas, mediante emanaciones tóxicas, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, los animales, bosques o plantaciones.

- **Protección a los bosques (Art. 347D)**

Sanciones con prisión a la tala inmoderada de bosques.

- **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Dto.68-86)**

El Estado, las Municipalidades y los habitantes del territorio nacional propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente. La aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Dto.68-86) le compete al Organismo Ejecutivo, por medio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, por lo que el Estado destinara los recursos

técnicos y financieros para su funcionamiento, teniendo como objetivo velar porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

Instituciones que velan por las normas referidas anteriormente:

- **Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**
- **Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)**
- **Instituto Nacional de Bosques (INAB)**
- **Comisión Nacional Para El Manejo De Desechos Sólidos (CONADES)**

2.3.3. REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL (AG 137-2016) Y SUS REFORMAS

- **ARTÍCULO 1. Contenido y objeto.**

El presente Reglamento contiene los lineamientos, estructura y procedimientos necesarios para apoyar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, estableciendo reglas para el uso de instrumentos y guías que faciliten la evaluación, control y seguimiento ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades, que se desarrollan y los que se pretenden desarrollar en el país. Lo anterior facilitará la determinación de las características y los posibles impactos ambientales, para orientar su desarrollo en armonía con la protección del ambiente y los recursos naturales.

- **ARTÍCULO 20. Localización del proyecto, obra, industria o actividad.**

Las áreas de localización se agruparán en tres categorías básicas: áreas ambientalmente frágiles, áreas con planificación territorial y áreas sin planificación territorial.

2.3.4 Tratados y convenios nacionales e internacionales suscritos por Guatemala

Los Tratados son acuerdos regulados por el Derecho internacional y Nacional, constitucionalmente en los artículos 45 y 46 se regula que los convenios y tratados internacionales suscritos y ratificados por Guatemala, tienen preeminencia sobre el derecho interno cuando se refiere a derechos humanos, dentro de los cuales se destacan en materia ambiental los siguientes:

Nacionales

- Convenio sobre la diversidad biológica.
- Convenio de la conservación y protección de los sistemas bióticos.
- Convenio para la protección de la capa de ozono.

Internacionales

- Convención de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación.
- Convenio para la protección de la flora, fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América.
- Convenio para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.
- Convenio para la protección de la capa de ozono.
- Convenio marco sobre el cambio climático.

2.3.4.1 Desafíos del derecho ambiental en el siglo XXI

El principal desafío durante las próximas décadas será desmitificar y separar lo jurídico y científico de lo religioso y mágico de corte fetichista y politeísta, que invocan en forma permanente y sistemática muchas sectas religiosas con fachada de Organización No Gubernamental (ONG). Creencias que suelen confundir, por la persistencia de otros fines a la población en general, haciendo creer que todo contamina y es perjudicial sin entender conceptos como uso sustentable.

Reintegrar la tendencia que convierte el sistema jurídico en un solo complemento del status quo jurídico-político, en campo singular de la inflación legal, apenas distinguible de las otras ramas del derecho por los nuevos bienes jurídicos asignados a su protección, las nuevas técnicas judiciales, algunos cambios procesales y la tipificación de nuevas conductas delictivas.

En el presente y hacia el futuro inmediato, el derecho ambiental deberá reflexionar sobre sus propios fundamentos teóricos y principios filosóficos a fin de avanzar hacia la formación de una cultura legal ambiental fundada en el ejercicio democrático de los derechos ambientales, dependientes de los derechos fundamentales y, especialmente, los derechos a la participación, a la información y al conocimiento, es decir, del derecho a pensar.

Podemos agregar que en la actualidad el Ministerio de ambiente y recursos naturales (MARN), posee leyes que no se aplican de una manera eficaz sobre proyectos

de rellenos sanitarios, y muchos de ellos son solo botaderos de residuos, los cuales no aplican al término «relleno sanitario», el cual debe llevar un control operativo y plan de manejo durante su apertura, funcionamiento y cierre, supervisado por dicho ministerio.

No podemos descartar que la lucha por implementar nuevos reglamentos legales para el control de los rellenos sanitarios es necesaria e inminente para el mejoramiento ambiental, y ha sido una temática de años atrás que conlleva procesos lentos para la aplicación de las mismas, existen multas económicas leves pero no condenas por utilizar mal el recurso.

Deben aplicarse leyes que permitan la creación de rellenos sanitarios controlados dentro de áreas designadas con planes de ordenamiento territorial por cada departamento y que estos estén provistos con propuestas definidas de reforestación desde que inician sus operaciones hasta su cierre, para restablecer de un suelo degradado, a un suelo con mejor aporte ecológico, biológico y el aumento de la calidad paisajística.

En la actualidad, hay una Propuesta de Ley de Desechos Sólidos, que ha tenido tres lecturas en el Congreso y está pendiente de aprobación por artículos. Esta norma crearía una política nacional para el manejo de los rellenos sanitarios, ya que ahora, el Código Municipal deja el tema a discreción de cada comuna.

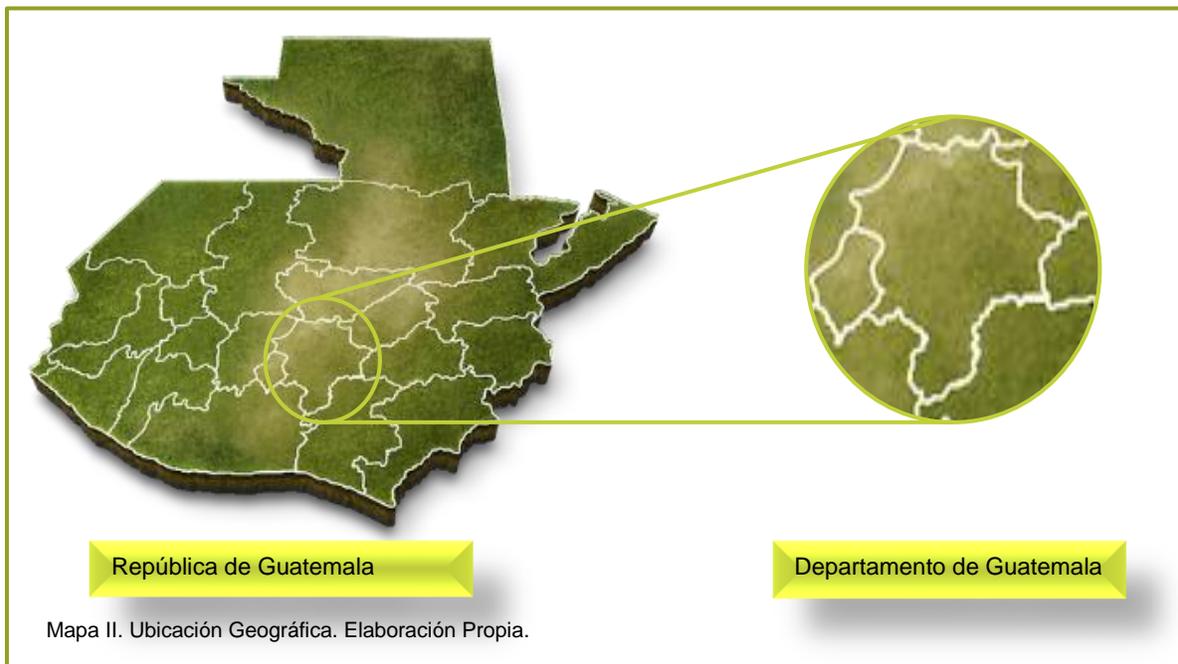
CAPÍTULO III

3.1 Marco contextual

3.1.1 Contexto Territorial

La presente propuesta se limita a estudiar la parte periférica del RS de la Zona 3 de la ciudad de Guatemala donde se analizara el área de influencia inmediata para la implementación de SAF. Dicha área a estudiar fue seleccionada de acuerdo con sus características degradadas en cuanto a microclima, biodiversidad y recursos naturales del lugar.

3.1.2 Ubicación Geográfica



3.1.3 Localización Geográfica



Mapa III. Localización. Elaboración Propia.

El Relleno Sanitario establecido desde 1953, se encuentra ubicado en la 30 Calle final 10-96 de la Zona 3 de la ciudad de Guatemala, y cuenta con un área aproximada de 18.02 hectáreas dentro de las cuales 15.4 hectáreas están en uso de operaciones y el resto de 2.62 hectáreas poseen un cierre técnico el cual se le da uso para extracción de biogás y áreas para reforestación.

Este lugar recibe alrededor de 1,000 a 1,500 toneladas de basura al día, entre ellas: desechos tóxicos, alimentos en estado de descomposición, vidrio, plástico, botellas, y otros. El contenido se va colocando en los 8 Patios asignados, donde se compacta y se cubre con una capa de material selecto, dos veces, lo que hace que se formen terrazas, y se estabilizan los distintos Patios que se utilizan para las 3,000 toneladas de basura que ingresan diariamente.

En su interior se maneja una economía informal para la venta de material para reutilización y reciclaje, la cual tiene como fin la tarea de tocar, recolectar y clasificar la basura de casi 3.7 millones de guatemaltecos, la cual está a cargo del personal de recolección de residuos para su reciclaje comúnmente llamados guajeros.

Las condiciones de vida de quienes trabajan en él son increíbles pero al mismo tiempo, muy similares a la realidad que viven miles de guatemaltecos: pobreza y exclusión.

3.1.4 Descripción grafica del área influenciada



Alrededor del área viven aproximadamente 60,000 habitantes,²³ repartidas en las colonias Kaminal Juyú II, Colonia 6 de Octubre, Colonia San Vicente, Colonia La Verbena, Colonia Oralia, Colonia Castillo Lara, Colonia Landívar y Asentamiento Sandra de Colom, que de una u otra manera tienen alguna conexión con el relleno sanitario, cuyos habitantes se encuentran expuestos a enfermedades respiratorias, como consecuencia de esa cercanía y de los vientos predominantes que circulan dentro del relleno sanitario, los cuales llevan partículas de desechos hacia estas colonias.

²³ Por Claudia Pinzón, 14 de enero 2016, El presente de la basura en la ciudad del futuro, <https://nomada.gt/cotidianidad/el-presente-de-la-basura-en-la-ciudad-del-futuro/>.

3.1.4.1 Clima

El clima varía de cálido a caluroso todo el año. La estación seca va de noviembre a abril de 25° Máxima / 13° Mínima, y la lluviosa es de mayo a octubre con 25° Máxima / 16° Mínima. La temporada alta es de diciembre a febrero 24° Máxima / 12° Mínima.²⁴

3.1.4.2 Fisiografía

Guatemala es un departamento al sur de la República de Guatemala. Limita al norte con el departamento de Baja Verapaz, al noreste con el departamento de El Progreso, al este con el departamento de Jalapa, al sudeste con el departamento de Santa Rosa, al sudoeste con el departamento de Escuintla, al oeste con los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango y al noroeste con el departamento de Quiché.

En el territorio del departamento de Guatemala se encuentran el Volcán de Pacaya y el Volcán de Agua, cuya cúspide es triffinio entre los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla.

Cuenta también con varias cúspides, entre las que destacan Don Justo y El Colorado en San José Pinula y las de San Juan Sacatepéquez, Palencia y Las Nubes, que son las más elevadas pues alcanzan hasta 2500 metros sobre el nivel del mar. Las alturas de las cabeceras municipales varían entre los 2101 metros sobre el nivel del mar en San Pedro Sacatepéquez y los 930 en San José del Golfo.

Está regado por gran cantidad de ríos que tienen numerosos afluentes, riachuelos, quebradas y fuentes termales que a su paso por algunos municipios forman balnearios y pozas de gran belleza natural.²⁵

3.1.4.3 Geología

Bajo el valle de la ciudad de Guatemala ha sido formado como una estructura de tipo *pulla part basin*, delimitado al norte por la falla del Motagua, al sur por la falla de Jalpatagua y en el centro se ha generado una la zona de distensión que formó la depresión en la que se encuentra la ciudad.²⁶

²⁴ Weather Spark, Clima promedio de la Ciudad de Guatemala, Consultada julio 2019, <https://es.weatherspark.com/y/11693/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Guatemala-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

²⁵ Memoria Virtual Guatemala, Biblioteca de la Memoria, Consultada Julio 2019, <http://www.memoriavirtualguatemala.org/es/categor%C3%ADas-de-biblioteca/guatemala>.

²⁶ Carlos L. Pérez, diciembre 2009, Estructura geológica del valle de la ciudad de Guatemala interpretada mediante un modelo de cuenca por distensión, http://www.geologia.ucr.ac.cr/revista/revista/to_pdf/revista/41/06_41_perez.pdf.

3.1.4.4 Hidrografía

El departamento de Guatemala se encuentra irrigada por una cantidad amplia de ríos, entre ellos: Las Vacas, Las Cañas, Los Ocotes, El Colorado, Vado Hondo, La Puerta, Pinula Teocinte, Chinautla, de Quezada, Villalobos y Michatoya. También cuenta con el Lago de Amatitlán con 15.2 km² con una elevación de 1186 msnm y la Laguna Calderas con 0.35 km² con una elevación 1778 msnm .²⁷

3.1.4.5 Suelos

Por su origen los suelos son volcánicos, sedimentarios, rocas ígneas, metamórficas compuestos de minerales y rocas como ser Arena, Grava, Caliza, Cuarzo, Diatomita, Dolomita, Mármol. Obsidiana, Perlita, Pómez y Turmalina.²⁸

3.1.4.6 Zona de vida

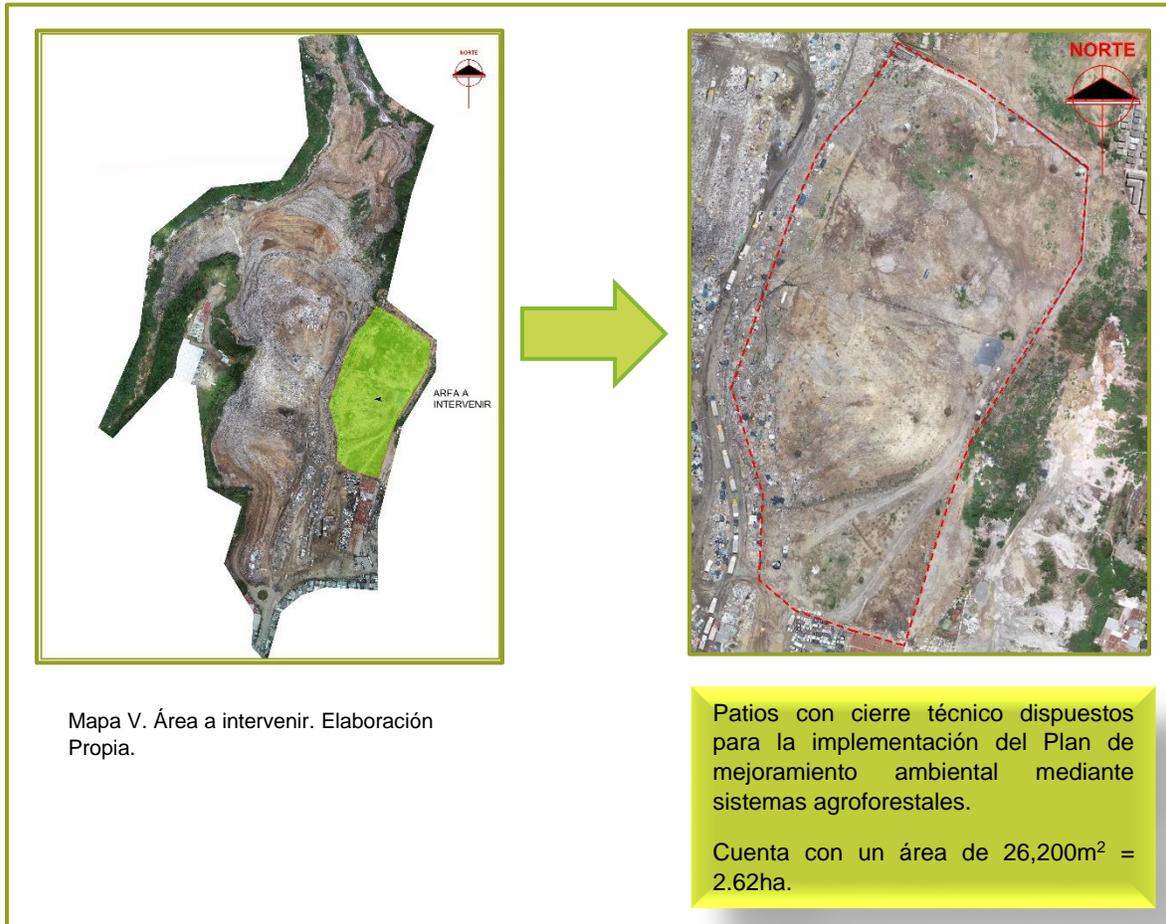
La zona de vida de bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT) registra precipitaciones pluviales anuales promedio comprendidas entre los 1000 y 3,125 mm, siendo su valor medio de 1,731 mm. Esta zona está cubierta por Arbustos, Acacias, Ceiba, Cedrela odorata, Mimosa skinneri, Pimenta dioica, Pinus caribaea, Pinus oocarpa, Piper psilorrhachis entre otros géneros presentes Agave, Ficus, Pasiflora.²⁹

²⁷ Memoria Virtual Guatemala, Biblioteca de la Memoria, Consultada Julio 2019, <http://www.memoriavirtualguatemala.org/es/categor%C3%ADas-de-biblioteca/guatemala>.

²⁸ Wikiguate, Tipos de suelos y rocas en Guatemala, mayo 2017, <https://wikiguate.com.gt/tipos-de-suelos-y-rocas-en-guatemala/>.

²⁹ Gerónimo Estuardo Pérez Irungaray, Juan Carlos Rosito Monzón, Raúl Estuardo Maas Ibarra, Guillermo Alejandro Gándara Cabrera, Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida, febrero 2018, <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2019/02/Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf>.

3.1.5 Mapa de área a intervenir



El Relleno Sanitario consiste en la compactación de los residuos esparcidos en capas delgadas sobre el suelo, recubiertas con placas alternas de 20 centímetros de tierra u otro material inerte, este trabajo se realiza en el área denominada Patio 3, donde operan actualmente todos los residuos depositados en el día.

Dentro de su operación los suelos se trabajan en un orden Entisol que son derivados de materiales aluviónicos y residuales, tienen textura moderadamente gruesa a fina, tiene topografía variable entre plana a extremadamente escarpada.

Durante el año 2018 el uso de la tierra en el Patio 1 con cierre técnico, el suelo existente en el área de reforestación posee características arenosas y arcillosas, a las cuales pueden incorporarse suelos fértiles para realizar una buena reforestación.

3.1.6 Vientos predominantes dentro del relleno sanitario

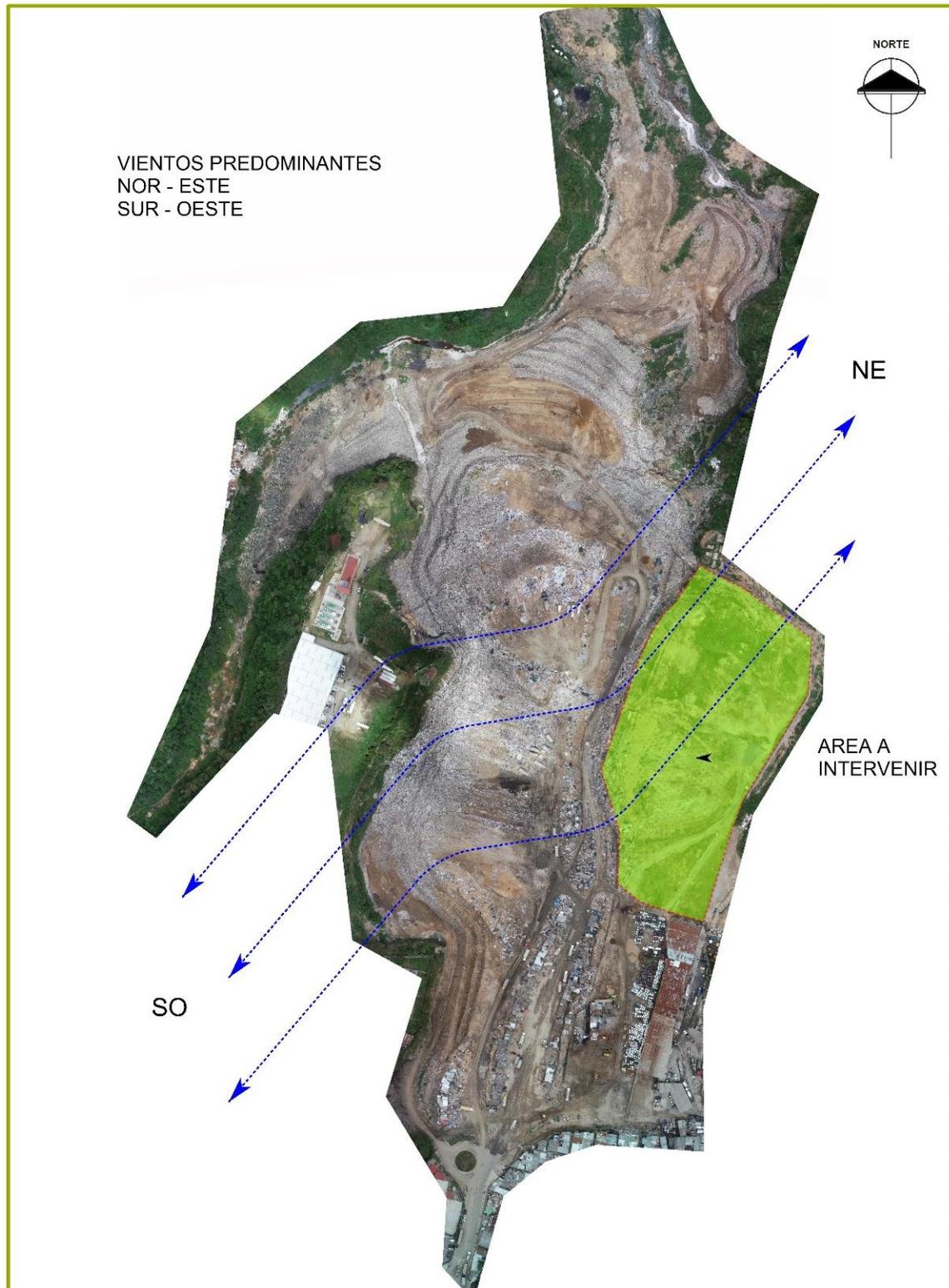


Figura XXI. Ortofotografía del Relleno Sanitario de la Zona 3. Vientos predominantes. Elaboración Propia.

La variedad de especies a implementar dentro del PMA conforman un crecimiento variado en las copas de los árboles esto ayudara a contrarrestar el mecanismo del viento que afecta en el terreno provocando erosiones severas en época de verano e invierno.

3.1.7 Aspectos Históricos del Relleno Sanitario en la Zona 3

Cuando surgió el nuevo cambio de Ciudad el Valle de la Ermita durante el año de 1,776, básicamente se adoptaron las medidas que ya se venían trabajando anteriormente en la ciudad de La Antigua Guatemala, donde los RS's eran depositados en zanjas que se hacían en los Patios traseros de las casas, edificios administrativos y religiosos, ya que la mayoría estaban provistos con extensiones grandes de tierra, para luego ser cubiertos con capas de cal una vez llenados, y posteriormente abrir una nueva zanja.

Con frecuencia, los residuos de alimentos eran dados a animales en granjas cercanas a las áreas urbanas. Esto desencadeno enfermedades por la recirculación de residuos de alimentos. No obstante, esta práctica continuó hasta los años 50 y en la actualidad se usa en algunas áreas rurales del país.

A medida que hubo influencia de países más desarrollados como Europa, se importaron modelos en el área de servicios públicos, delegando a las autoridades ediles la administración, manejo y recolección de los RS's, y desde 1,880 el presidente de esa época el general Justo Rufino Barrios construyó un crematorio que se encontraba localizado al final de la 4ª Calle de la Zona1, por falta de mantenimiento colapsó en el año de 1,950.

Posteriormente durante el gobierno del presidente Juan José Arévalo, se designa el primer vertedero a cielo abierto en el Barrio del Gallito de la Zona 3, el cual era un terreno privado que se dio en arrendamiento. Este tenía una topografía similar al relleno actual. Se puede asumir que el presidente Arévalo tomó la medida de arrendar el terreno para ubicar el vertedero, ya que coincide con la cronología en Europa de los años 40 en donde hay una tendencia de evitar la incineración de basura por los problemas ambientales que se daban de emanaciones de gases y cenizas.

Sin embargo desde 1,930, la basura se recolectaba por carretas jaladas por mulas, para luego ser depositada en terrenos baldíos en las inmediaciones de la Zona 5 o llevada al crematorio antes mencionado. Existían recolectores de basura privados y municipales, este último tenía un costo. La diferencia era que los privados tenían un servicio más personalizado, mientras que municipal era gratuito y se realizaba en camiones los cuales por ser gratuitos tenían más demanda. A pesar de que existían ambas opciones, era muy

común la quema de residuos, práctica que se lleva a cabo con frecuencia aún en la actualidad, en especial en el interior del país.

Las partes superiores del cañón en donde se encontraba el antiguo botadero fueron rellenadas antes de 1966 y luego cerradas. Ahora funcionan como un campo de fútbol, ya que desde que se clausuró se tenía la idea de que fuera un parque recreativo, pero poco a poco fue siendo invadido por las familias de los guajeros, que invadieron los terrenos aledaños y construyeron viviendas que hasta la fecha existen en el sitio. Una carretera de servicio separa el área de disposición actual a la parte del relleno anterior que se encuentra clausurado hacia el sur.

Cuando se escogieron estos sitios para el vertedero, la ciudad todavía se encontraba alejada de ellos y eran muy pocas las viviendas cercanas al lugar, pero se fue expandiendo sin planificación, y el actual vertedero quedó ubicado en el centro de ésta convirtiéndose en foco de contaminación para gran parte de la población. Este vertedero quedó expuesto al aire libre e hizo que se ignorara que los barrancos son los sitios menos adecuados para depositar residuos por estar más cerca de las capas freáticas y por la abundancia de flora y fauna del sitio, ya que ni los asentamientos que rodean el barranco en la actualidad existían, sino que dieron inicio hasta la década de los 70's, especialmente después del terremoto de 1976 y donde actualmente tiene una fuente de ingreso con la clasificación y reciclaje de materiales depositados en el lugar, lo cual representa un peligro constante por estar expuestos a gases tóxicos y derrumbes por la falta de operación de un suelo controlado y la depredación de la flora del mismo.

CAPÍTULO IV

4.1 Análisis de resultados

Teniendo en cuenta las acciones a establecer sobre el entorno del proyecto y los componentes mayormente afectados se establece una jerarquía de importancia para algunas medidas ya que los impactos que estas deben prevenir, mitigar, remediar y compensar tiene un alto potencial de afección sobre los recursos; esto hace que el carácter de la implementación de la reforestación sea inmediato a la época de cierre técnico.

De acuerdo con esto, las medidas que deben tener prioridad a la hora de aplicar el propuesta de manejo son:

1. Disposición adecuada de la cobertura final del Relleno Sanitario clausurado.
2. Revegetalización de los perfiles definidos del relleno.
3. Creación de hábitats similares o iguales a los destruidos y/o afectados mediante Revegetalización en las zonas afectadas por el relleno.
4. Inspección y mantenimiento adecuado del bosque establecido.

4.2 Elaboración de la Propuesta De Mejoramiento Ambiental

La propuesta de mejoramiento ambiental tiene como objetivo la identificación, organización, formulación, y adopción de medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación de los impactos potenciales, generados por el desarrollo de las actividades del relleno sanitario. A través del mismo se describen los principales aspectos ambientales que son afectados y se formulan soluciones y acciones concretas para mejorar dichos aspectos, teniendo en cuenta las acciones negativas más agresivas que se presentan en la etapa de cierre del relleno, y que causaran los impactos más negativos sobre el entorno del proyecto, tales como:

- Eliminación de la cubierta vegetal por la acumulación de residuos sólidos en los Patios de disposición final de los mismos.
- Aumento de la escorrentía superficial al no tener una cobertura adecuada de vegetación.
- Disminución de la disponibilidad de recursos minerales del suelo por la eliminación de la cubierta vegetal durante la excavación y movimiento de tierras.

- Aumento en la compactación del suelo por los trabajos realizados con maquinaria pesada en la construcción de vías de acceso y disposición final de residuos.
- Contaminación de suelo y agua por el vertimiento de residuos sólidos y la generación de lixiviados sin ningún tratamiento previo.
- Contaminación de mantos freáticos como la vertiente efímera de aguas residuales que fluyen del colector municipal que conecta hacia la cuenca del río La Barranca de la Zona 3.
- Producción de ruidos y vibraciones por el funcionamiento de camiones de extracción de desechos sólidos, retroexcavadoras, camiones de volteo y camiones cisterna de agua.
- Producción de olores y gases por la acumulación y descomposición de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos.
- Construcción de sistema de chimeneas para el aprovechamiento de gases para producción de energía eléctrica.

Estos impactos tienen mayor incidencia sobre los siguientes factores ambientales que detallan su problemática identificada a continuación:

- Aire: el funcionamiento vehicular pesado, la acumulación de residuos sólidos y la deforestación del área como resultado de un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos sobre el medio, alteran las características del medio que resultan en la formación de elementos de descomposición que generan los siguientes problemas:
 1. Ruidos automotrices producidos durante la operación del relleno durante el día.
 2. Gases con líquidos que llevan sustancias disueltas o en suspensión que pueden afectar la salud humana.
 3. Olores y emisiones por la acumulación de residuos sólidos en descomposición que generan gases de efecto invernadero.
 4. Presencia de nubes de polvo por material de relleno mal seleccionado para compactación durante el verano.
 5. Presencia de partículas de distintos tamaños y materiales circulando en el viento y transportándose de un lugar a otro.

6. Presencia y emanación de gas metano (CH₄).

- Suelo: constituye con el agua, aire y la luz solar el fundamento de la vida de los sistemas ecológicos terrestres, por lo que es considerado una reserva energética de vital importancia en el equilibrio de la naturaleza. Un descenso contribuye generalmente a la eliminación de la biodiversidad con consecuencias irreversibles en pérdidas varias especies, la generación y transporte de sustancias nutritivas para las plantas y microorganismos del suelo, viéndose afectado por los diferentes tipos de erosión (hídrica o eólica) o pérdida del suelo generando los siguientes problemas:
 1. Terrenos secos y sin vegetación aprovechable, ya sea por los humanos o por los animales.
 2. Reduce la fertilidad porque provoca la pérdida de minerales y materia orgánica, pudiendo llegar a entrar en un proceso de deterioro que puede originar la desertificación de suelos.
 3. Los torrentes de la lluvia arrastran las partículas del suelo hacia fuentes de agua que son contaminadas.
 4. El suelo desprovisto de barreras protectoras vegetales es víctima de la acción del viento que pule, talla y arrastra las partículas de suelo y de rocas.
 5. A través del viento puede actuar como vehículo de transmisión de contaminación a fuentes de agua por arrastrar residuos plaguicidas, metales, nutrientes y minerales.
- Agua: en el ciclo del agua el suelo ocupa una posición fundamental, ya que llega al suelo vía precipitación, pasa a través de este bien en forma de escorrentía superficial, en forma de flujo subterráneo, o indirectamente a través de los fenómenos de evapotranspiración o transpiración para crear vida ecológica. Las características del área junto con su manejo tienen una verdadera importancia sobre el recurso agua por lo que un mal manejo puede influir en los siguientes problemas:
 1. Se escasea el agua para consumo doméstico, ya sea porque las fuentes de agua están contaminadas por factores de erosión o porque su calidad disminuye.

2. La deforestación afecta en que la humedad disminuye y con ella las lluvias debido al cambio climático.
 3. Presencia de erosión hídrica muy enérgica con suelos desprovistos de vegetación y sometidos a lluvias intensas.
- Flora: los bosques constituyen recursos naturales de primera importancia siendo las especies nativas las más utilizadas en la conservación y manejo de las cuencas, desafortunadamente solamente esta última función del bosque es tomada en cuenta por lo que se le deforesta hasta la extinción ocasionando problemas hídricos y climáticos. La eliminación de la cobertura vegetal no solo tiene consecuencias negativas sobre el bien material del área verde sino también provoca problemas sociales debido a que:
 1. La desertificación de suelos comienza a escasear el recurso hídrico para el consumo humano.
 2. Los terrenos inclinados quedan expuestos a la erosión porque las lluvias se llevan la capa de tierra fértil.
 3. El suelo ya no tiene la misma capacidad de retener el agua y los campos se secan rápidamente.
 4. Los árboles cesan en su papel de captación de dióxido de carbono y generación de oxígeno creando un desequilibrio ecológico.
 5. Las fuentes de aguas desprovistas de la cobertura del bosque se agotan en la estación seca y provocan crecidas devastadoras en períodos lluviosos.
 6. Las áreas ya no cuentan con protección contra los excesos del sol.
 - Fauna: es la biodiversidad de genes y especies que coexisten en un área determinada, y que es el resultado de las cambiantes condiciones ambientales a lo largo de los años, sin embargo la intervención del hombre en la pérdida de los recursos naturales ha hecho que muchas especies se hayan extinguido o desaparecido de lugar, y nuevas especies se encuentren invadiendo el área, generando los siguientes problemas:
 1. Los insectos, roedores, gatos y perros se multiplican y se dispersan en forma de plagas y transmisores de enfermedades, sin controles biológicos.

2. Los animales útiles de interés ecológico desaparecen y las plagas que antes eran comida para estos animales se multiplican sin control.
 3. Invasión de especies carroñeras.
 4. Representan riesgo para la salud humana de los trabajadores o habitantes del área.
 5. Se alimentan de los residuos nocivos para su salud.
 6. Se multiplican sin control sanitario ni planificación por parte de las autoridades locales.
- Paisaje: es un recurso estético que se ve afectado por la contaminación del aire, agua, suelo, deforestación y explotación sin controles adecuados. Es por ello imperativo que existan programas de manejo que incluyan aspectos tales como mejoramiento de vivienda, apertura y mantenimiento de vías, obras de salubridad, desarrollo de proyectos que generen empleo e ingresos justos, electrificación, suministros de agua, educación y cualquier otro aspecto de beneficio comunitario. Básicamente existen dos problemas que ejercen presión sobre el recurso paisaje y se describen a continuación:
 1. Asentamiento humano: la urbanización no planificada genera serios problemas ambientales que afectan principalmente la pureza y conservación del agua, suelo y bosque, apareciendo todas las secuelas negativas por la presión del urbanismo.
 2. Aspecto social: debe adoptarse programas sociales para la protección de las comunidades aledañas con el propósito principal de la reforestación para lograr un beneficio de las comunidades residentes en la zona, sin que afecten adversamente los recursos naturales de la misma.
 - Aspectos humanos: los beneficios sociales de las áreas verdes influyen en la generación de empleo y en el manejo de los bosques naturales. A menudo ocurren mejoras en la infraestructura y servicios sociales locales como los parques ecológicos. Sin embargo al igual que en las operaciones de explotación forestal, los bosques naturales sin planificación de manejo tienen aspectos negativos particularmente en las áreas remotas ya que si se impulsan proyectos de construcción de caminos, se producirán problemas relacionados con la afluencia de gente y contactos exteriores. Por lo anterior

el establecimiento de nuevas infraestructuras y servicios sociales locales deben estar enfocados en el suministro de servicios de mejoramiento de vivienda, vías de acceso, salubridad y áreas de recreación.

Las medidas que se adaptan a esta Propuesta de Mejoramiento Ambiental (PMA) se definen a continuación:

Medidas de prevención: están asociadas a evitar la ocurrencia del impacto.

Medidas de mitigación: están asociadas a reducir el daño que el impacto ha producido al medio ambiente.

Medidas de remediación: tendientes al reacondicionamiento, redefinición, rectificación, modificación y restauración del medio ambiente que ha sido impactado.

Medidas de compensación: son acciones que se producirán como resarcimiento por un daño irreversible en el terreno que ocupa el relleno sanitario.

4.2.1 Medidas de manejo ambiental para los factores

A fin de facilitar la propuesta de mejoramiento ambiental, se han separado las medidas de acuerdo con los factores relevantes del medio ya mencionados y a los impactos identificados sobre estos medios, considerando dentro de cada uno de estos factores ambientales aquellas medidas que eviten, minimicen, remedien o compensen los efectos ocasionados, para lo cual a continuación se presentan los siguientes cuadros:

4.2.1.1 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor aire:

Factores		Medidas						
Prevención	Mitigación	Remediación	Compensación	Indicador de desempeño	Periodicidad	Responsable	Costo	Retroalimentación
Ruido	Evitar su concentración de operaciones en lugares definidos.	Establecimiento de sistemas agroforestales en el predio que actúen como amortiguamiento para los ruidos generados en el lugar de operación.	Reducción de decibeles nocivos dentro del predio y el exterior.	Protección a la salud auditiva de los trabajadores del predio y vecinos colindantes.	Establecimiento de 3 especies arbóreas.	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Alternativa: evitar la concentración por medio de sistemas agroforestales aplicar horarios establecidos de operación de maquinaria.
Gases y partículas	Reducir el escape de gases y emisiones por descomposición de residuos en general.	Dispersión inmediata de los residuos sólidos y aplicación de material de compactación específico como base de suelo.	Controlar potenciales fugas masivas de gases, emisiones y otros contaminantes peligrosos que deterioren la calidad del aire, con el establecimiento de la cobertura forestal, la captación de material particulado a nivel del follaje.	Reducir gases de efecto invernadero.	15,720.00m ³ de material de compactación en 2.62 hectáreas = 26,200m ² x 0.60mts.	No posee debido a que ya esta establecido el material compactado.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Alternativa: si el material de compactación no llegara a cumplir con los requisitos específicos se buscaran alternativas para base de suelo y un mejor manejo de la compactación..
	Levantamiento de material particulado formando nubes.							
Olores	Reducción en la generación de olores por descomposición de los residuos sólidos orgánicos.	Establecimiento de sistemas agroforestales con especies que tiendan a filtrar los olores.	Captura natural de olores por medio de cobertura forestal reincorporada.	Contribuir a mejorar la calidad del aire en la zona de cierre y sus alrededores.	Establecimiento de 3 especies ornamentales con fines aromáticos.	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Alternativa: se sugiere llevar la basura clasificada para un mejor manejo.

Tabla V. Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor aire. Elaboración Propia.

4.2.1.2 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor agua:

		Medidas							
Factores	Prevención	Mitigación	Remediación	Compensación	Indicador de desempeño	Periodicidad	Responsable	Costo	Retroalimentación
Agua superficial	Perdida de aguas pluviales excedentes.	Incorporación de tanques cisterna para captación de agua pluvial y su aprovechamiento en verano. Establecimiento de plateados en la base de los arboles para facilitar la captación e infiltración del agua pluvial.	Mayor aprovechamiento del agua pluvial.	Aumento en la humedad disponible del suelo, que facilite el establecimiento de cobertura vegetal secundaria.	Construcción de 1 tanque equivalente a 100m ³ de captación de agua pluvial.	3 meses	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.		Alternativa: incorporar el tanque cisterna se podrán adquirir un tanque cisterna plástico. Alternativa: realizar los plateados entonces se aplicara la remoción de tierra para calzar cada árbol establecido.
		Establecimiento de canales naturales de conducción para riego de cobertura forestal durante el invierno. Riego semanal con camión cisterna en época de verano.	Evitar el agrietamiento y desintegración de suelos, así como el levantamiento del polvo por el tránsito generado.	Recuperación de suelos erosionados.	Perforación de 807 plateados en 2,62 hectáreas = 26,200m ² (solo se tomara en cuenta área útil de siembra)	9 meses	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Q55,180.00 (mensual durante 9 meses incluidos los 6 meses del piloto de camion cisterna)	Alternativa: Implementar construcción de canales naturales a flor de tierra. Alternativa: Captación de agua de lluvia en invierno para regar en verano.
Erosión hídrica	Perdida de suelo.				Hasta implementar el diseño	Hasta implementar el diseño	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.		

Tabla VI. Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor agua. Elaboración Propia.

4.2.1.3 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor suelo:

Factores	Medidas								
	Prevención	Mitigación	Remediación	Compensación	Indicador de desempeño	Periodicidad	Responsable	Costo	Retoolimentación
Erosión	Evitar la erosión hídrica y eólica.	Compactación de nuevos suelos para la re cobertura de nueva vegetación forestal.	Evitar la pérdida constante de fertilidad del suelo que ocasiona una desertificación.	Recuperación de nutrientes al suelo para el establecimiento de nueva cobertura forestal.	15,720.00m ³ de material de compactación en 2.62 hectáreas = 26,200m ² x 0,60mts.	No posee debido a que ya esta establecido el material compactado.	No aplica.	Q49,280.00 (mensual durante 9 meses)	Alternativa: definición de nuevas áreas para ampliar la siembra de las especies agroforestales.
		Establecimiento de sistemas agroforestales con especies que tiendan a retener y sustentar el suelo.							
Desertificación	Pérdida de suelo fértil.	Establecimiento de taludes en áreas definidas para controlar la escorrentía superficial.	Transformación de suelos desérticos a suelos fértiles aprovechables.	Recuperación de suelos erosionados.	250 m ² de área a estabilizar manualmente y en 10 fases.	30 días de trabajo repartidos en 9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Q55,180.00 (mensual durante 9 meses incluidos los 6 meses del piloto de camión cisterna)	Alternativa: establecimiento de un plan mecanizado de conservación de suelos.
		Riego de suelos.							
		Incorporación de una mayor capa de suelo fértil.			5,240m ³ de tierra abonada.	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.		Alternativa: aplicación de tierra abonada junto con su aplicación de riego semanal.

Tabla VII. Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor suelo. Elaboración Propia.

4.2.1.4 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor flora:

Factores	Medidas									
	Prevención	Mitigación	Remediación	Compensación	Indicador de desempeño	Periodicidad	Responsable	Costo	Retroalimentación	
Terrano expuesto	Exposición contra los excesos de lluvia, sol y viento.	Establecimiento de la cobertura agroforestal, la cual permite la incorporación de vegetación secundaria. Protección de suelos para evitar cualquier tipo de erosión.	Aprovechamiento de los factores climáticos para devolverle la fertilidad al suelo.	Regeneración de hábitats similares o iguales a los destruidos por la operación del relleno.	Establecimiento de 3 especies arbóreas (807 arboles), 3 especies arbustivas (5,156 arboles) y 2 especies de cubre suelos (894 m2).	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Ver en tabla de costos de plantación.	Alternativa: será la aplicación de mayor especies de cubre suelos.	
Desequilibrio ecológico	Pérdida de generación de oxígeno.	Reforestación utilizando especies que aporten mayor valor biológico y ecológico.	Creación y evolución de nuevos micro climas.	Aporte de nuevas fuentes de oxígeno al medio.	Establecimiento de 3 especies ornamentales con fines aromáticos.	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Q49,280.00 (mensual durante 9 meses)	Alternativa: incorporar especies transformadoras de oxígeno.	

Tabla VIII. Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor flora. Elaboración Propia.

4.2.1.5 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor fauna:

Factores	Medidas									
	Prevención	Mitigación	Remediación	Compensación	Indicador de desempeño	Periodicidad	Responsable	Costo	Retroalimentación	
Animales de interés ecológico	Evitar la reproducción descontrolada de animales nocivos.	Restablecimiento de un nuevo ecosistema que permita reintegración de especies útiles al medio. Disponibilidad de fauna nociva como fuente de alimento para otras especies ecológicas.	Restablecimiento de un control natural que evite la reproducción de especies nocivas.	Restablecimiento del ciclo biológico.	Establecimiento de 3 especies arbóreas, 3 especies arbustivas y 2 especies de cubre suelos.	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Ver en tabla de costos de plantación.	Alternativa: aplicación de productos químicos para erradicar las plagas.	
Riesgo para la salud humana y especies domésticas	Minimización de la exposición directa ante animales nocivos.	La reintegración de nuevas especies permite la depredación y control biológico de las especies nocivas.	Aporte al control y reducción de plagas por medios biológicos.	Control de plagas y enfermedades circulantes en el medio.	No es posible medir la presencia.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	Alternativa: aplicación de ceceña por medio de aves rapaces. Deberá ser sujeto a un estudio biológico profundo para su aplicación.	

Tabla IX. Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor fauna. Elaboración Propia.

4.2.1.6 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor paisaje:

Factores	Medidas									
	Prevención	Mitigación	Remediación	Compensación	Indicador de desempeño	Periodicidad	Responsable	Costo	Retroalimentación	
Asentamiento humano	Crecimiento de urbanización no planificada.	Transformación del predio a un parque ecológico. Incorporación de actividades que involucren a los vecinos para la conservación de áreas verdes.	Fomento de la concientización y conservación del bosque.	Integración de actividades con fines recreativos.	Parque ecológico.	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 2 Ingenieros Industriales a cargo.	Q44,800.00 (mensual durante 12 meses)	Alternativa: establecimiento de un plan de ordenamiento territorial con fines recreativos.	
	Perdida de área forestal para evitar el contacto visual con el relleno sanitario.	Mantener la reforestación actual e incrementarla dentro del predio. Utilización de especies resistentes que proporcionen una buena estatura y que tengan una taza de crecimiento rápido.	Implementación de barreras vegetales que sirvan como cortinas naturales que eviten el contacto visual directo.	Recuperación de área verde con mayor aporte y calidad visual en el entorno urbano.	12 Capacitaciones (1 mensual).	1 año.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Q49,280.00 (mensual durante 9 meses)	Alternativa: aplicación de productos químicos de absorción radicular y foliar para estimular el crecimiento rápido de la masa forestal (Fertilizantes)	

Tabla X. Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor paisaje. Elaboración Propia.

4.2.1.7 Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor aspecto humano:

Medidas									
Factores	Prevención	Mitigación	Remediación	Compensación	Indicador de desempeño	Periodicidad	Responsable	Costo	Retroalimentación
Generación de empleo	Utilización de mano de obra local para evitar la falta de mantenimiento y conservación del área verde.	Integración de personal del entorno urbano colindante al proyecto.	Creación de nuevas fuentes de empleo a nivel local.	Generación de fuentes alternativas de ingresos.	7 líderes por colonia colindante (Col. 6 de Octubre, Col. La Verbena, Col. San Vicente, Col. Castillo Lara, Col. Landívar, Asentamiento Sandra de Colom y Barrio El Gallito)	1 año.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo.	Q33,600.00 (mensual durante 12 meses)	Alternativa: contratación de guardabosques capacitado por CONAP.
		Capacitación periódica del personal involucrado en la conservación del bosque y dotación de implementos de seguridad personal.			10 pares de: sombreros, lentes, mascarillas, guantes, camisas, pantalones y botas.	Permanente.	1 Ingeniera industrial.		
Manejo de Bosques	Depredación del bosque con fines comerciales.	Establecimiento del bosque sin su aprovechamiento de productos maderables para el consumo doméstico.	Mejoras en la infraestructura y servicios sociales con fines recreativos o ecológicos.	Impulso de proyectos ecológicos.	Establecimiento de 3 especies ornamentales con fines aromáticos.	9 meses.	2 Ingenieros Agrónomos a cargo y 4 ayudantes por cada ingeniero.	Q49,280.00 (mensual durante 9 meses)	Alternativa: aprovechamiento de productos del bosque para su transformación y reutilización como abono orgánico (bocashi).
		Reciclaje y recolecta de productos del bosque que eviten posibles incendios, y puedan atender contra la integridad física de los beneficiarios del bosque.			12m3 material vegetativo	Mensual.			

Tabla XI. Medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación para el factor aspecto humano. Elaboración Propia.

4.3 Propuesta

4.3.1 Descripción general del proyecto

Se tomó en cuenta este sector a trabajar pues ya posee un cierre técnico para aplicar un plan de mejoramiento ambiental, y para ello se le dará la cobertura prevista por establecimiento de un conjunto de plantaciones forestales, de tal manera que se pueda formar un bosque variado que prevenga la presencia de erosión hídrica y eólica. La plantación se hará siguiendo las curvas de nivel ya trazadas y el método de plantación en tres bolillos, con la finalidad de romper la velocidad del agua y mejorar la infiltración. El área a ocupar para el presente plan es aproximadamente de: 2.62 hectáreas del total del predio, dicha área será denominada Patio 1. Con la ejecución del proyecto se persigue tener un bosque productor y protector.

4.3.2 Especies factibles a emplear

Como se indicó anteriormente se trata de combinar diferentes especies forestales para crear un bosque variado, teniendo que las especies a utilizar deberán presentar las siguientes características:

1. Adaptabilidad a climas templados a cálidos.
2. Árbol perenne que pueda soportar sucesivos cortes luego del manejo de los rebrotes.
3. De crecimiento agresivo y cobertura dominante.
4. Especies de altura mínima equivalente a 10.00m a 25.00m para especies forestales.
5. Tolerante a diferentes tipos de agua en cuanto a calidad y cantidad.
6. Tolerante a sequías y con capacidad de extraer humedad de las capas profundas del suelo.
7. Resistente a plagas y enfermedades

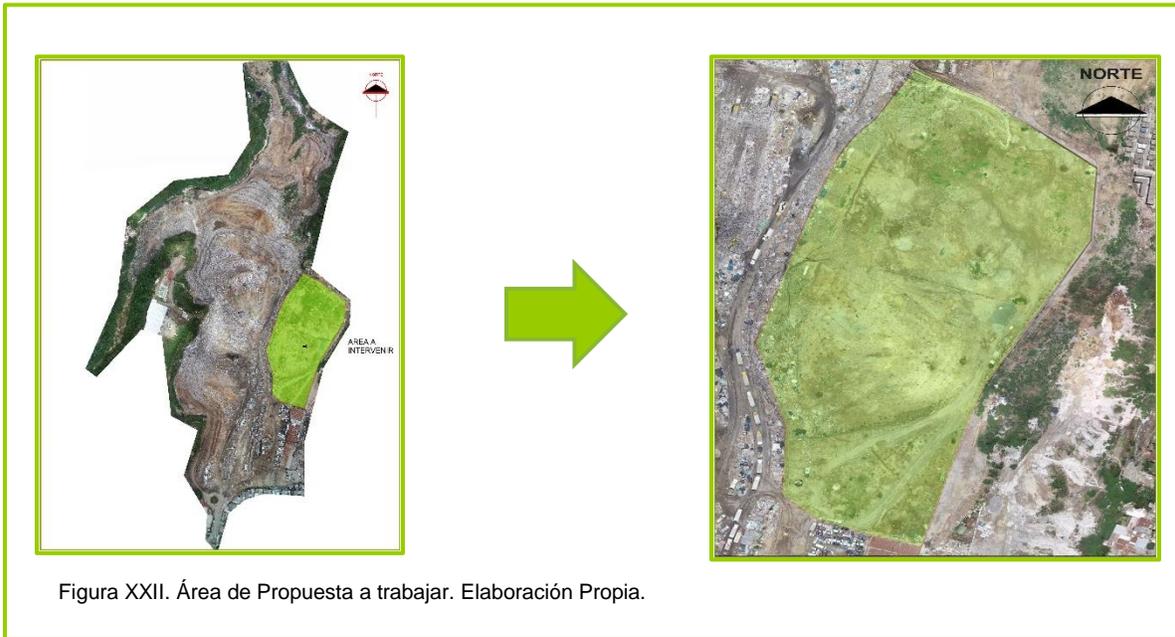


Figura XXII. Área de Propuesta a trabajar. Elaboración Propia.

4.3.2.1 Especies arbóreas citadas a utilizar en el proyecto

Especies Arbóreas									
Ilustración	Nombre común	Nombre científico	Hábitat	Altura	Beneficio	Ventaja	Desventaja	Aporte ecológico	Tiempo de crecimiento
	Palo de Hormigo	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	México, Centroamérica, Belice, Trinidad y Tobago, Venezuela y Colombia	30-40mts	Ideal para sistemas agroforestales, linderos y ornamentación	Resistente a hongos e insectos	Especie maderable y en peligro de extinción su regeneración es lenta	Restauración de ecosistemas degradados y recuperar bosques degradados por actividades humanas desordenadas.	30-40años
	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Australia, Malasia y Polinesia (Especie Climatizada en América)	25-30mts	De alta supervivencia en suelos degradados, ideal para barreras vegetales.	Controladora de malezas.	Requiere de poda y mantenimiento.	Sirve como fuente de nutrimentos.	15-20años
	Matilsguate	<i>Tabebuia rosea</i>	México, Centroamérica, Sudamérica e Islas del Caribe	20-30mts	Se adapta a suelos calcáreos, arcillosos y cenagosos y crece en suelos de origen calizo, ígneo o aluvial, se adapta a suelos pobres y tolera la inundación estacional.	De rápido crecimiento y buena resistencia al ataque de insectos.	Especie maderable y comercial.	Ideal para la conservación de suelos.	30-40años
	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Sudamérica (Especie Climatizada en Norteamérica, Centroamérica y Europa)	15-20mts	Resistente a la contaminación y suelos arcillosos o arenosos. Muy utilizado para alineación arbórea en parques o entorno urbano en general.	De rápido crecimiento y se adapta a todo tipo de suelo, aguanta los periodos de sequia en la edad adulta.	Se sugiere un terreno con buena composición orgánica y buen drenaje, ya que el exceso de agua perjudica la buena formación del árbol. Especie maderable y comercial.	Especie ornamental y de mucha sombra así como también recomendada para la captación de CO2 (dióxido de carbono).	10-15años
	Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	Regiones del este del Mediterráneo (Europa meridional, Asia Occidental y África septentrional) (Especie Climatizada en América)	15-20mts	Puede vivir en cualquier tipo de suelo, resistente a altas temperaturas o sequias. Ideal para evitar erosiones eólicas.	De crecimiento rápido y raíces pivotantes que crecen a gran profundidad sin dañar su alrededor y sirven como retenes naturales que brindan estabilidad.	Especie maderable y de uso medicinal. También es muy inflamable.	Mantenimiento de los procesos y equilibrios ecológicos tanto en el plano local, nacional, regional y mundial, cumpliendo la función de protección de los ecosistemas frágiles y deteriorados.	20-30años
	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i>	Asia (Especie Climatizada en América y Antillas)	10-16mts	Ideal para barreras vegetales y control de erosiones eólicas e hídricas.	No requiere de suelos muy demandantes de agua.	Especie frutal que atrae insectos y maderable para combustible, carbón, postes y estacas.	BIOINDICADOR da información sobre ciertas características ecológicas (físico-químicas, micro-climáticas, biológicas y funcionales), del medio ambiente, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio. Consistente en una especie vegetal, hongo o animal; Se utilizan sobre todo para la evaluación ambiental y seguimiento del estado del medio ambiente, o de la eficacia de las medidas compensatorias, o restauradoras.	15-20años

Tabla XII. Especies arbóreas. Elaboración Propia.

Las especies escogidas durante la propuesta tienen las características ideales para poder desarrollarse dentro del relleno sanitario, el cual posee suelos hostiles en cuanto nutrientes y humedad, no obstante dichas especies como las arbóreas poseen raíz pivotante las cuales no desconfiguran el suelo sino que sirven para sustentar de mejor forma el subsuelo al contrario de aquellas raíces adventicias que poseen un efecto contrario.

Cada especie arbórea escogida dentro del presente PMA posee por metro cúbico de madera verde, un peso alrededor de 1,160 kg, por lo que un árbol de 20 metros de altura de desarrollo aproximado, con un tronco con diámetro de 65 cm, puede pesar hasta 18 toneladas.

4.3.2.2 Especies arbustivas

Especies arbustivas									
Ilustración	Nombre común	Nombre científico	Hábitat	Altura	Beneficio	Ventaja	Desventaja	Aporte ecológico	Tiempo de crecimiento
	Cheflera	<i>Schefflera arboricola</i>	Sureste Asiático (Especie Climatizada en América)	1-2mts	Resistente altas temperaturas y suelos degradados.	Absorben los gases nocivos y las partículas químicas como el humo del tabaco, los aerosoles y otros.	Susceptible a los ataques de plagas, cambios de temperatura e inundaciones.	Renuevan la calidad del aire. Una de las principales actividades que realizan las plantas es la purificación del oxígeno a través de la fotosíntesis.	3-4meses
	Dietes bicolor	<i>Dietes</i>	Sudáfrica (Especie Climatizada en América)	0.50-1mts	Planta que necesita una exposición de pleno sol o de semisombra, No soportan los riegos abundantes; por el contrario, prefieren la sequía.	Resistentes al fuego, a las plagas y enfermedades habituales en los sistemas agroforestales.	Padece de desaliñado si se descuida, necesita poda periódicamente y de suelos bien drenados y ricos en materia orgánica.	La planta posee auto-polinización y ayuda al enriquecimiento de suelos pobres de nutrientes.	3-4meses
	Izote	<i>Yucca elephantipes</i>	Norte América y Centroamérica	4-10mts	Planta tolerante a la exposición del sol y la falta de riego, ideal para evitar la erosión de suelos.	Excelente para estabilización de suelos y cuando caen sus ramas o sufre poda esta beneficia al suelo adhiriendo materia orgánica.	Requiere protección contra insectos en su etapa de establecimiento y es necesario replantar cuando se producen pérdidas.	Esta especie posee fijación de nitrógeno en el suelo y proporciona alimento a la fauna benéfica y mejora la presentación del paisaje.	6-10años

Tabla XIII. Especies arbustivas. Elaboración Propia.

4.3.2.3 Especies cubresuelos

Las especies arbustivas y de cubresuelos son las ideales para albergar mayor humedad y nutrientes para las plantas a incorporar en dicho PMA.

Especies cubre suelos									
Ilustración	Nombre común	Nombre científico	Hábitat	Altura	Beneficio	Ventaja	Desventaja	Aporte ecológico	Tiempo de crecimiento
	Falso Maní forrajero	<i>Arachis pintoi</i>	Sudamérica (Especie Climatizada en Centroamérica)	0.06mts	De rápido crecimiento, resistente y fácil de mantener, previene la erosión hídrica y eólica.	Resistente a la sequia y usa menos agua que la grama, no atrae insectos o plagas.	No posee.	Posee alto contenido de nutrientes con un alta incorporación al suelo debido a su rápida descomposición favoreciendo al	6 meses
	Grama San Agustín	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Costa Este de África, Sureste Asiático, Australia, Islas del Pacífico, América del Norte y Centroamérica	0.10mts	De rápido crecimiento, previene la erosión hídrica y provee buena cobertura de sombra para suelos. La que mas se acopla a las necesidades de la Municipalidad en cuanto a producción, distribución y mantenimiento.	Resistente al riego en verano y no llega a morir, rebrotando con aplicación de riego o lluvia.	Requiere de riego constante para mantenerse y atrae insectos.	Permite la proliferación de insectos en especial palomillas, grillos, hormigas, otros, que son fuente de alimento para aves.	2-6meses

Tabla XIV. Especies cubre suelos. Elaboración Propia.

4.3.3 Distanciamiento de plantación

Para el tratamiento de suelo durante la siembra se procurará:

1. Pulir el suelo de maleza.
2. Preparación de hoyados.
3. Tierra negra cernida.
4. Arena blanca cernida.
5. Compost orgánico.
6. Siembra de planta.

Para la proporción del sustrato de siembra se utilizará la siguiente fórmula 2:1:1:

1. 2 paladas no encofetadas de arena blanca.
2. 1 palada no encofetada de tierra negra.
3. 1 palada no encofetada de compost orgánico.

La mezcla de estos componentes ira de acuerdo con la cantidad y capacidad de hoyado dependiendo la especie a sembrar ya sea arbórea, arbustiva o cubresuelos, con dicha mezcla se busca que exista mayor captación, infiltración y retención de humedad durante el riego mecanizado o pluvial.

Ya que se trata de formar un bosque variado, las distancias de plantación pueden ser de 3, 4, 5 hasta 6 metros de distancia para su desarrollo y evitar competencia por nutrientes, por la falta de espacio ideal en el Patio 1 deben en lo posible ajustarse a las medidas de 5.00m x 5.00m, esto con el fin de aprovechar la mayor cantidad de especies dentro del terreno.

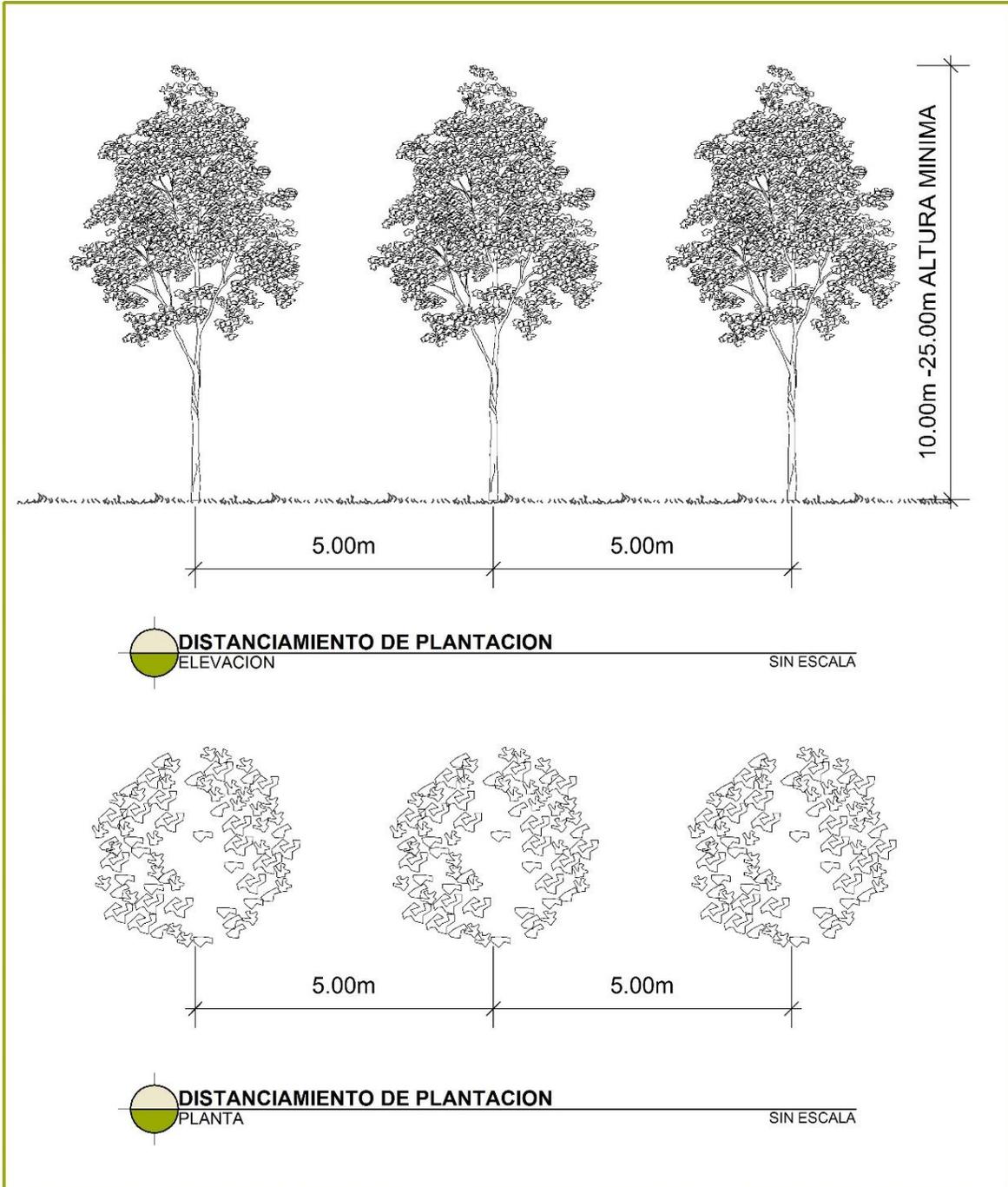


Figura XXIII. Distanciamiento de plantación. Elaboración propia basado en el concepto de PERMACULTURA MEXICO. Diseño Holístico y Agicultura Regenerativa. 2008-2019. <https://www.permacultura.org.mx/es/herramientas/formulario/tresbolillo/>.

4.3.4 Preparación del material vegetativo

1. El material vegetativo que se requiere para la ejecución del proyecto será calculado para cubrir un área aproximada de 2.62 hectáreas.
2. Las plantas deberán adquirirse y trasladarse en fundas de polietileno de color negro, hacia un área definida dentro del predio.
3. Deberá brindarse mantenimiento de agua y luz solar hasta ser llevadas al sitio definitivo de su plantación.

4.3.5 Método de plantación

1. De manera previa a la plantación, el terreno deberá ser señalizado en los puntos a sembrar, empleando estacas que señalaran los sitios donde deben hacerse los hoyos para colocar las plantas.

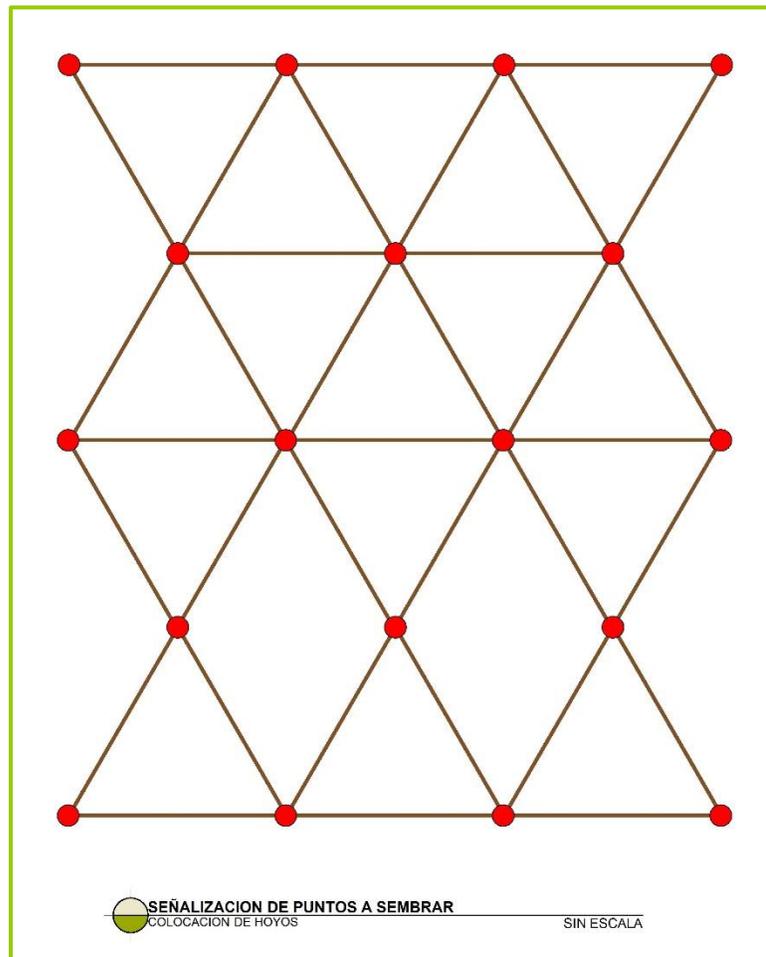
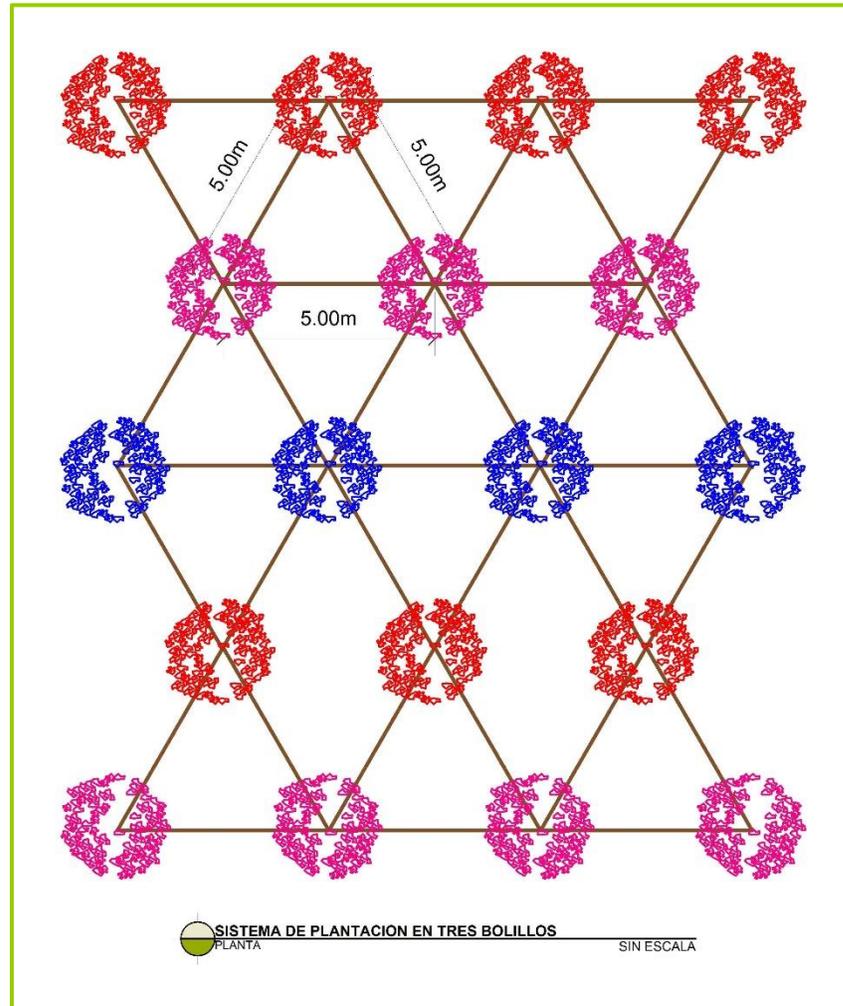


Figura XXIV. Señalización de puntos a sembrar. Elaboración propia basado en el concepto de PERMACULTURA MÉXICO. Diseño Holístico y Agricultura Regenerativa. 2008-2019.
<https://www.permacultura.org.mx/es/herramientas/formulario/tresbolillo/>.

- El sistema de plantación para los árboles será en tresbolillo, es decir formando triángulos equiláteros con el vértice hacia la pendiente y siguiendo las curvas de nivel, a modo de ejemplificar el concepto de variedad de especies se le dará un color por cada una aplicada dentro del diseño.



	HORMIGO
	MATILISGUATE
	POMARROSA

Figura XXV. Sistema de plantación en tres bolillos y simbología. Elaboración propia basado en el concepto de PERMACULTURA MÉXICO. Diseño Holístico y Agricultura Regenerativa. 2008-2019.

- Se utilizará una mezcla de especies para formar un bosque variado y evita monocultivos con poco valor biológico y ecológico, estableciendo dichas especies en época de invierno.

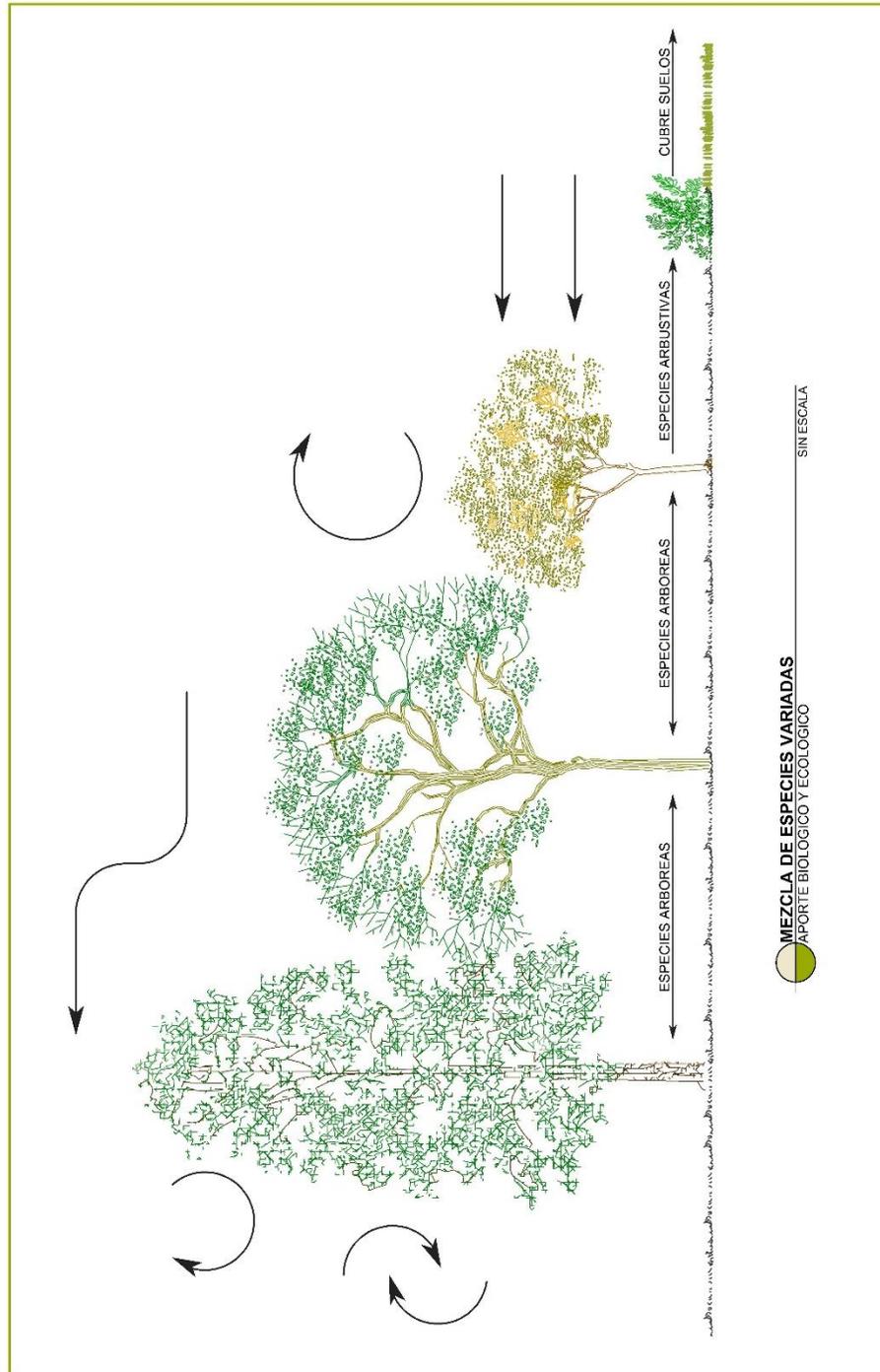


Figura XXVI. Mezcla de especies variadas. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet, Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyram.info>.

4. Los hoyos serán hechos por medios manuales a manera de formar 1m^3 y la tierra que salga se colocara alrededor del borde exterior.
5. En cada hoyo se depositara 1m^3 de tierra abonada para mejorar la fertilidad de la tierra y favorecer el crecimiento radicular de las plantas.
6. Al momento de la siembra las plantas deberán ser despojadas de la funda de polietileno y colocadas en los hoyos, dándoles una ligera inclinación en contra de la pendiente.

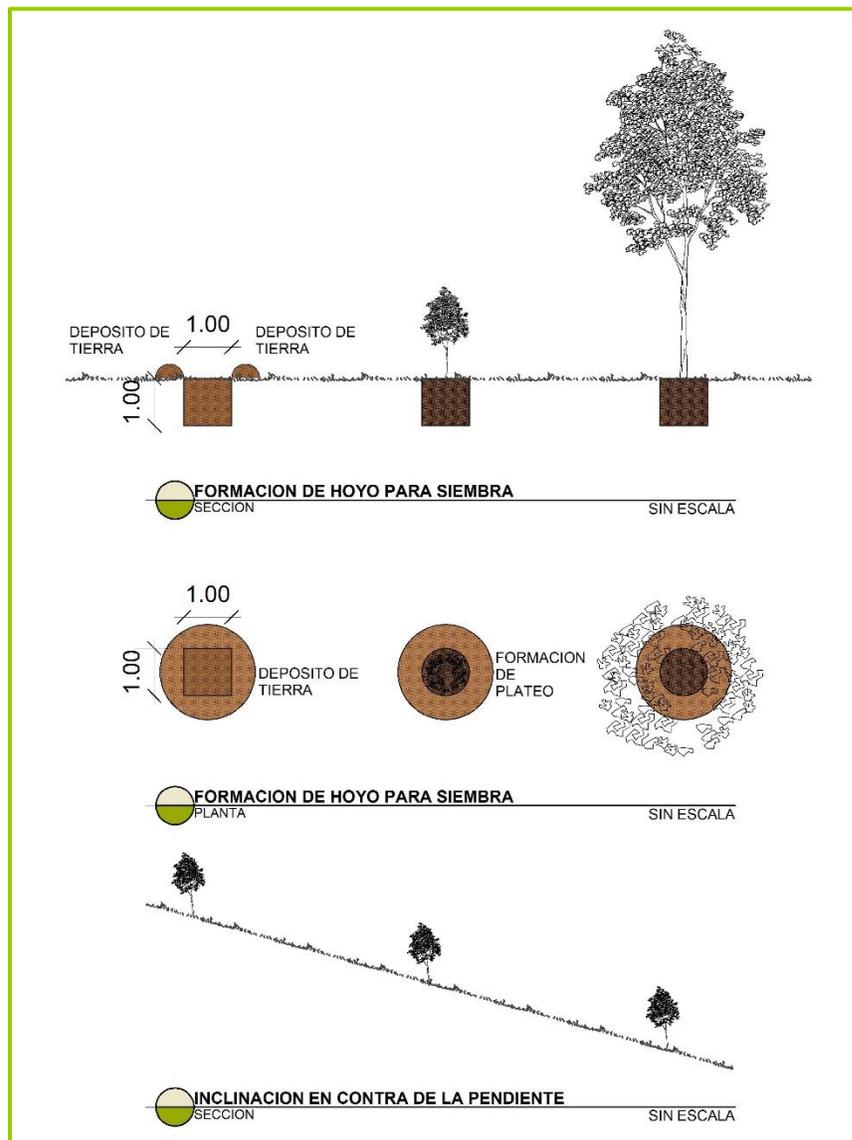


Figura XXVII. Formación de hoyo para siembra. Inclinación de la pendiente. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet, Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyram.info>.

7. Esta labor será efectuada por personal designado por parte de la Municipalidad correspondiente.

4.3.6 Época de plantación

La excavación del suelo debe realizarse antes de que el invierno se presente incorporando la tierra negra y las plantas al iniciarse la época lluviosa, a fin de aprovechar el mayor número de meses de lluvia que se presenten.

4.3.7 Cuidados silviculturales

El manejo de la plantación establecida se reducirá a realizar limpiezas de coronación cada 2 meses, a fin de que el hoyo esté libre de malezas.

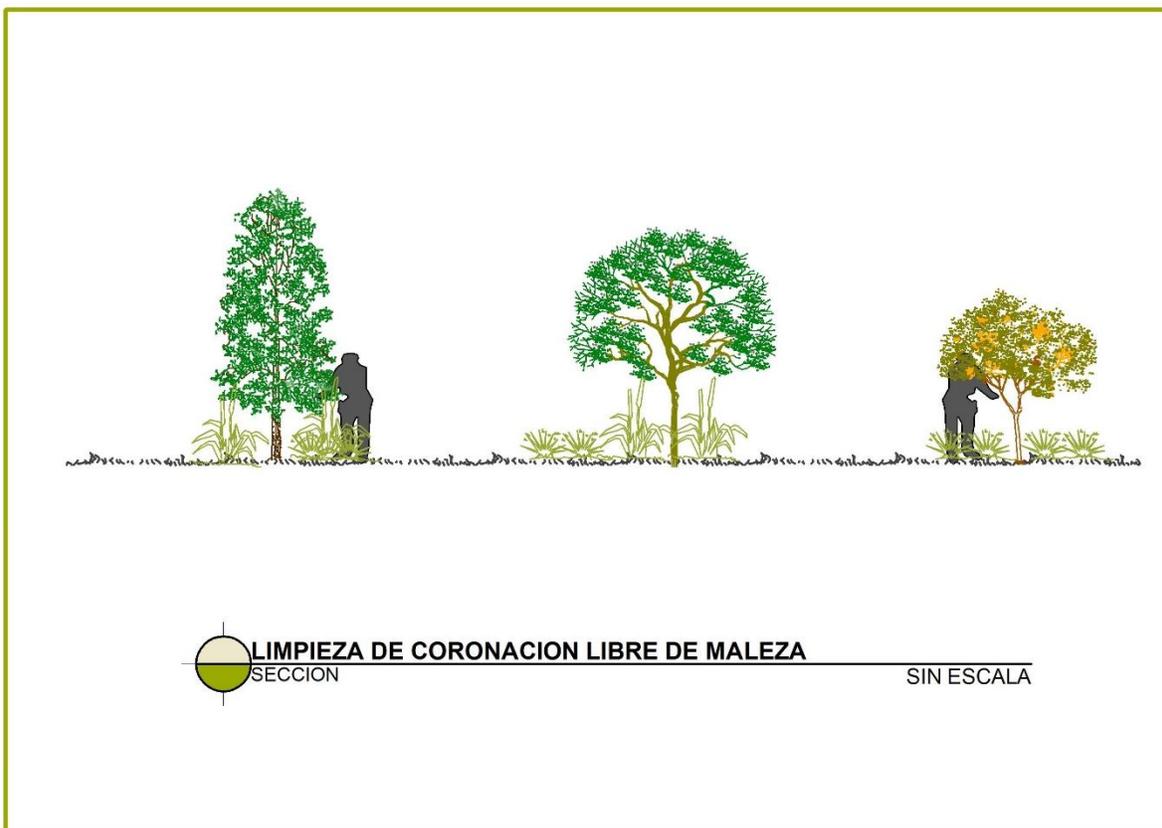


Figura XXVIII. Cuidados silviculturales. Elaboración propia, basado en el concepto del artículo de internet, Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. <http://www.fundesyam.info>.

4.3.8 Cronograma de ejecución de propuesta para un área de 2.62 hectáreas denominada Patio 1

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL MEDIANTE SISTEMAS AGROFORESTALES, PARA EL RELLENO SANITARIO DE LA ZONA 3 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Cronograma de ejecución de propuesta para un área de 2.62 hectáreas denominada Patio 1

ACTIVIDAD	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1) Especies factibles a utilizar manejadas en ambiente controlado a nivel de invernadero																																								
2) Preparación y nivelación del suelo																																								
3) Diseño y distanciamiento de plantación																																								
4) Hoyados e incorporación sustrato a base de arena blanca tierra negra y compost																																								
5) Siembra de plantas																																								
6) Fertilización																																								
7) Limpieza de maleza																																								
8) Fumigaciones insecticidas con adherente a la planta																																								
9) Riego																																								

Observaciones: Especies a utilizar: 1)Arboreas: Palo de Hormigo, Matiliguatze, Jacaranda, Pomarrosa. 2)Arbustivas: Cheflera, Dietes bicolor, izote. 3)Cubresuelos: Falso Mani Forrajero, Grama San Agustín.

Tabla XV. Cronograma de ejecución de propuesta. Elaboración Propia.

4.4 Recursos económicos para la propuesta de mejoramiento ambiental

El financiamiento de las actividades a desarrollar durante el cierre del relleno estará a cargo de los fondos municipales, los cuales implican un costo mensual durante nueve meses que se detalla a continuación en las siguientes tablas:

4.4.1 Costo de plantación en Patio 1

COSTOS DE PLANTACION EN PATIO 1				
RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
COSTOS FIJOS DE PLANTACION				
Ingeniero Agrónomo	persona	2	Q11,200.00	Q22,400.00
Mano de obra para excavación de hoyos	persona	4	Q3,360.00	Q13,440.00
Mano de obra para acopio, mantenimiento y trasplante de plantas	persona	4	Q3,360.00	Q13,440.00
Agua para riego	m3	4	Q35.00	Q140.00
Tierra abonada	m3	807	Q250.00	Q201,750.00
Fertilizante a base de sulfato de amonio exclusivo para arboles	qq	36	Q110.00	Q3,960.00
Insecticida sistémico y de contacto para arboles y plantas arbustivas o cubre suelos	galón	2	Q250.00	Q500.00
Adherente para fijar el insecticida a la planta para arboles y plantas arbustivas o cubre suelos	galón	2	Q90.00	Q180.00

base de sulfato de amonio para falso mani forrajero para 447m2	qq	81	Q110.00	Q8,910.00
Agua para mezcla de productos a fumigar	m3	5	Q35.00	Q175.00
SUBTOTAL COSTOS FIJOS DE PLANTACION EN PATIO 1				Q264,895.00

COSTOS VARIABLES DE PLANTACION				
RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Árbol 1 (palo de hormigo)	unidad	287	Q35.00	Q10,045.00
Árbol 2 (matilisguate)	unidad	257	Q25.00	Q6,425.00
Árbol 3 (Pomarrosa)	unidad	210	Q15.00	Q3,150.00
Árbol 4 (jacaranda)	unidad	53	Q25.00	Q1,325.00
Arbusto 1 (dietes bicolor)	unidad	3528	Q22.00	Q77,616.00
Arbusto 2 (cheflera)	unidad	1528	Q15.00	Q22,920.00
Arbusto 3 (izote)	unidad	100	Q40.00	Q4,000.00
Cubre suelo 1 (grama)	m2	447	Q35.00	Q15,645.00
Cubre suelo 2 (falso mani forrajero) en 447m2	pilon	8940	Q4.00	Q35,760.00
COSTO SUBTOTAL DE PLANTACION EN PATIO 1				Q176,886.00

TOTAL COSTOS FIJOS DE PLANTACION DURANTE 9 MESES	Q2,384,055.00
TOTAL COSTOS VARIABLES DE PLANTACION	Q176,886.00
TOTAL COSTOS DE PLANTACION EN PATIO 1 PARA PLAN PILOTO	Q2,560,941.00

Tabla XVI. Costo total de plantación. Elaboración Propia.

Durante la siembra y levante de las plantas se dependerá en los nueve meses de la duración de la propuesta del plan los siguientes elementos químicos:

1. Fertilizantes.
2. Insecticidas.
3. Adherentes.
4. Otros.

Para fijar de una manera acelerada la planta al suelo y una vez haya desarrollado su sistema radicular después de este período se podrán utilizar agentes fertilizantes naturales como el compost para complementar el nutriente de la planta e insecticidas naturales a base de:

1. Cáscara de huevo.
2. Ajo.
3. Tabaco.
4. Pimienta.
5. Otros.

4.4.2 Costo de herramienta

COSTOS DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Bomba mecánica de fumigación con capacidad de 16lts	unidad	2	Q1,500.00	Q3,000.00
Carreta	unidad	4	Q450.00	Q1,800.00
Barreta	unidad	2	Q150.00	Q300.00
Piocha	unidad	2	Q90.00	Q180.00
Machete	unidad	8	Q45.00	Q360.00
Azadón c/cabo	unidad	2	Q125.00	Q250.00
Pala de punta	unidad	2	Q55.00	Q110.00
Pala cuadrada	unidad	2	Q70.00	Q140.00
Coba	unidad	2	Q45.00	Q90.00
Nivel en "A" para curvas	unidad	1	Q75.00	Q75.00
Maquina afiladora	unidad	1	Q375.00	Q375.00
Atomizador	unidad	4	Q20.00	Q80.00
Rastrillo plástico	unidad	4	Q70.00	Q280.00
Lima para afilar	unidad	4	Q40.00	Q160.00
Manguera de 50mts	unidad	2	Q450.00	Q900.00
Tanque de almacenamiento de agua	m3	4	Q750.00	Q3,000.00
Cava hoyo manual de 10cms	unidad	2	Q400.00	Q800.00
Cava hoyo manual de 15cms	unidad	2	Q480.00	Q960.00
Cava hoyo manual de 20 cms	unidad	2	Q560.00	Q1,120.00

Guantes	unidad	10	Q45.00	Q450.00
Lentes	unidad	10	Q260.00	Q2,600.00
Mascarilla	unidad	10	Q180.00	Q1,800.00
Tapones de oído	unidad	20	Q12.00	Q240.00
Botas industriales	unidad	10	Q380.00	Q3,800.00
Pantalón	unidad	10	Q320.00	Q3,200.00
Playera de manga larga	unidad	10	Q560.00	Q5,600.00
Gorro cubre sol	unidad	10	Q80.00	Q800.00
COSTO TOTAL DE HERRAMIENTA				Q32,470.00

Tabla XVII. Costo total de herramienta. Elaboración Propia.

4.4.3 Costo total de plantación en Patio 1

TOTAL COSTOS FIJOS DE PLANTACION DURANTE 9 MESES	Q2,384,055.00
TOTAL COSTOS VARIABLES DE PLANTACION	Q176,886.00
TOTAL COSTOS VARIABLES DE HERRAMIENTA	Q32,470.00
TOTAL COSTOS DE PLANTACION EN PATIO 1 PARA PLAN PILOTO	Q2,593,411.00

Tabla XVIII. Costo total de plantación con herramienta. Elaboración Propia.

CAPÍTULO V

5.1 Plan Piloto de siembra del sistema agroforestal

El siguiente plan piloto se desarrollara en base a parámetros necesarios aplicados a la aportación y enriquecimiento de un sistema biológico y ecológico, para la reforestación y recuperación de suelos degradados mediante un sistema agroforestal dentro del Relleno Sanitario en la Zona 3 de la ciudad de Guatemala, dicho plan se implementará en el área con cierre técnico denominada Patio 1.

Dichas áreas están identificadas por color, divididas en sectores y perímetros de acuerdo al tipo de vegetación que se incorporara, y su disposición de acuerdo al suelo y topografía donde se ubica.

Dichas especies están implementadas de acuerdo a:

1. Su calidad de sistema radicular vertical que ayudan a no destruir el suelo y las construcciones o instalaciones que pudieran estar dentro del área de siembra.
2. De crecimiento rápido.
3. Mantenimiento de equilibrio ecológico.
4. El aporte y enriquecimiento de nutrientes al suelo.
5. Absorción de dióxido de carbono (CO₂).
6. Renuevan la calidad del aire aportando la creación de oxígeno (O).
7. Contribuyen a evitar la erosión hídrica y eólica.
8. Tolerantes a la calidad del suelo existente.
9. Resistentes a las altas temperaturas y sequías.
10. Resistentes al fuego y plagas.
11. De bajo mantenimiento.
12. Mejoramiento de la presentación paisajística.
13. Fuente de alimento de aves migratorias o locales.
14. Ayudan a delimitar espacios.
15. Controlan malezas.

5.1.1 Áreas a intervenir

A continuación se presentan las siguientes figuras y tablas que ejemplifican los diferentes sectores a trabajar dentro del área de Patio 1:

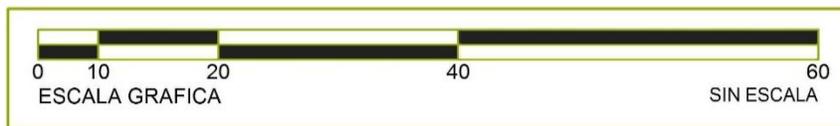


Figura XXIX. Delimitación de sectores y perímetros en el Patio 1. Elaboración Propia.

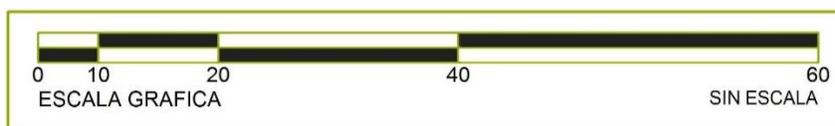
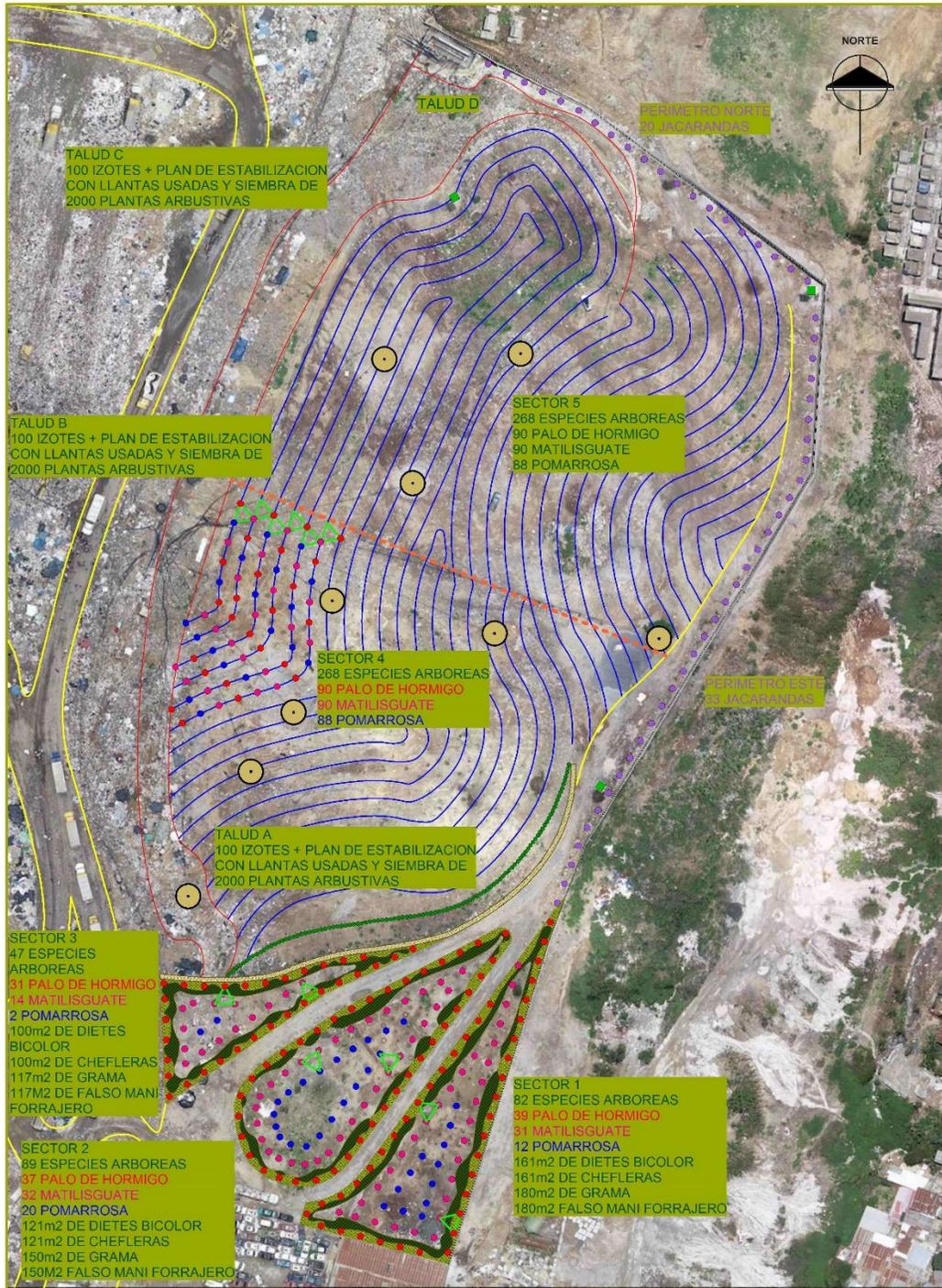


Figura XXX. Diseño de siembras en el Patio 1. Elaboración Propia.

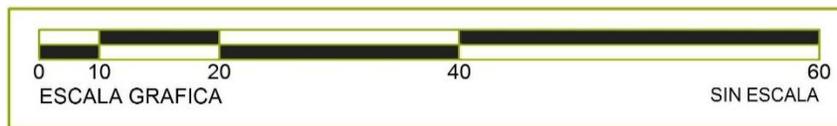
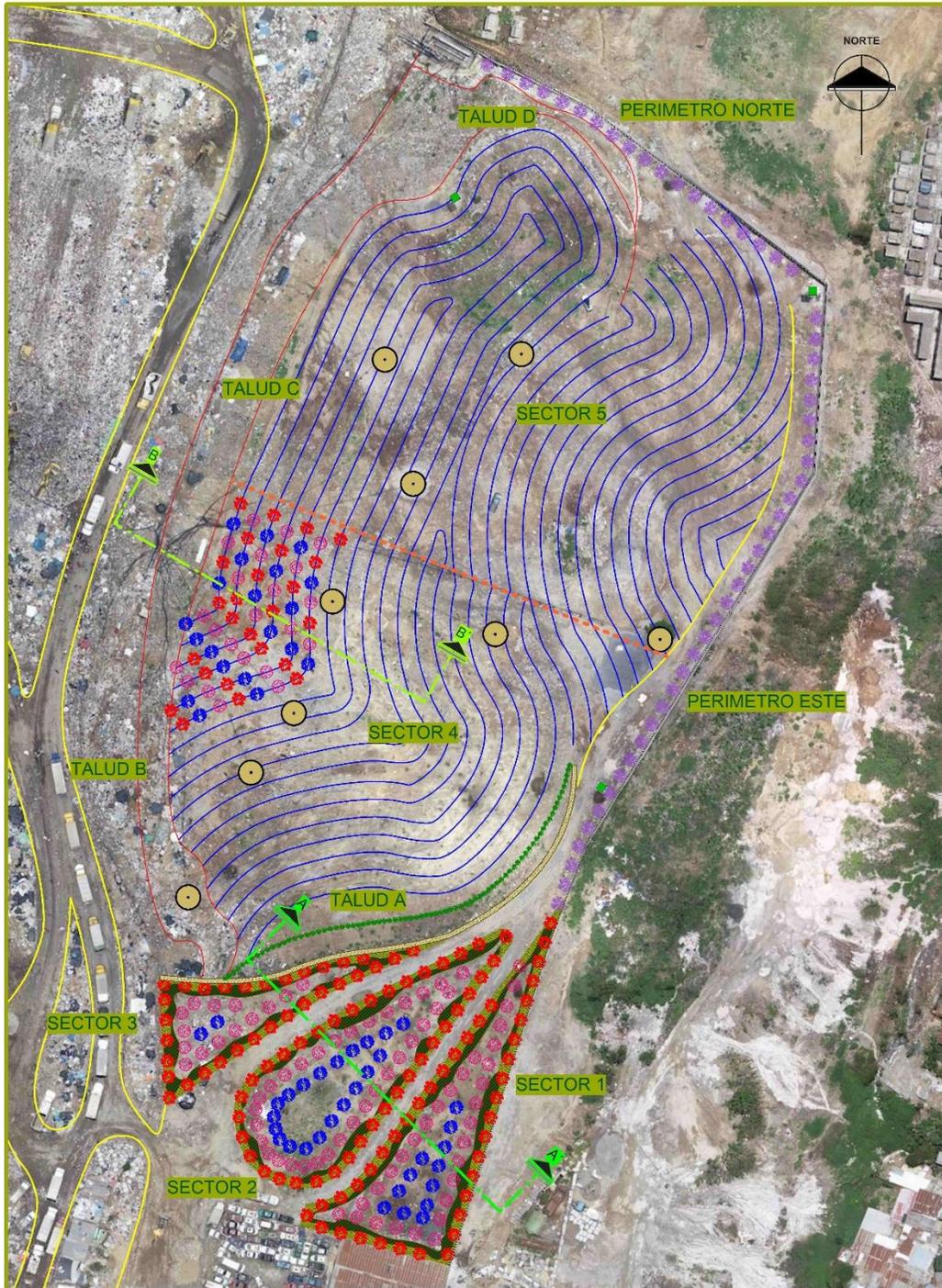


Figura XXXI. Disposición de siembra de árboles, arbustos y cubre suelos en planta. Elaboración Propia.

El diseño de los sectores uno, dos y tres fueron realizados de acuerdo con áreas ya definidas dentro del terreno municipal para la implementación del SAF, y para no competir con la forma natural de cada sector y por sugerencia de profesionales agrónomos y expertos en paisaje, decidí aplicar un diseño que fuera acorde a dichas formas, esto con el fin de crear ambientes menos obvios y figurativos. Dentro de estos sectores las siembras son más prácticas pues no poseen pendientes agresivas, sino levemente planas.

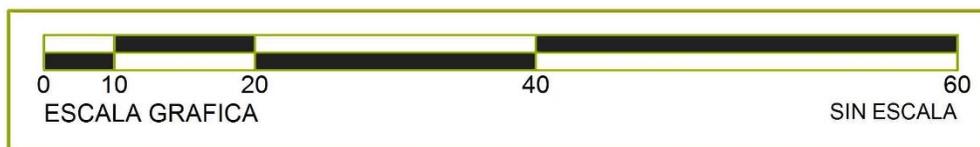


Figura XXXII. Detalle de siembra en planta en sectores 1-3 en Patio 1. Elaboración Propia.

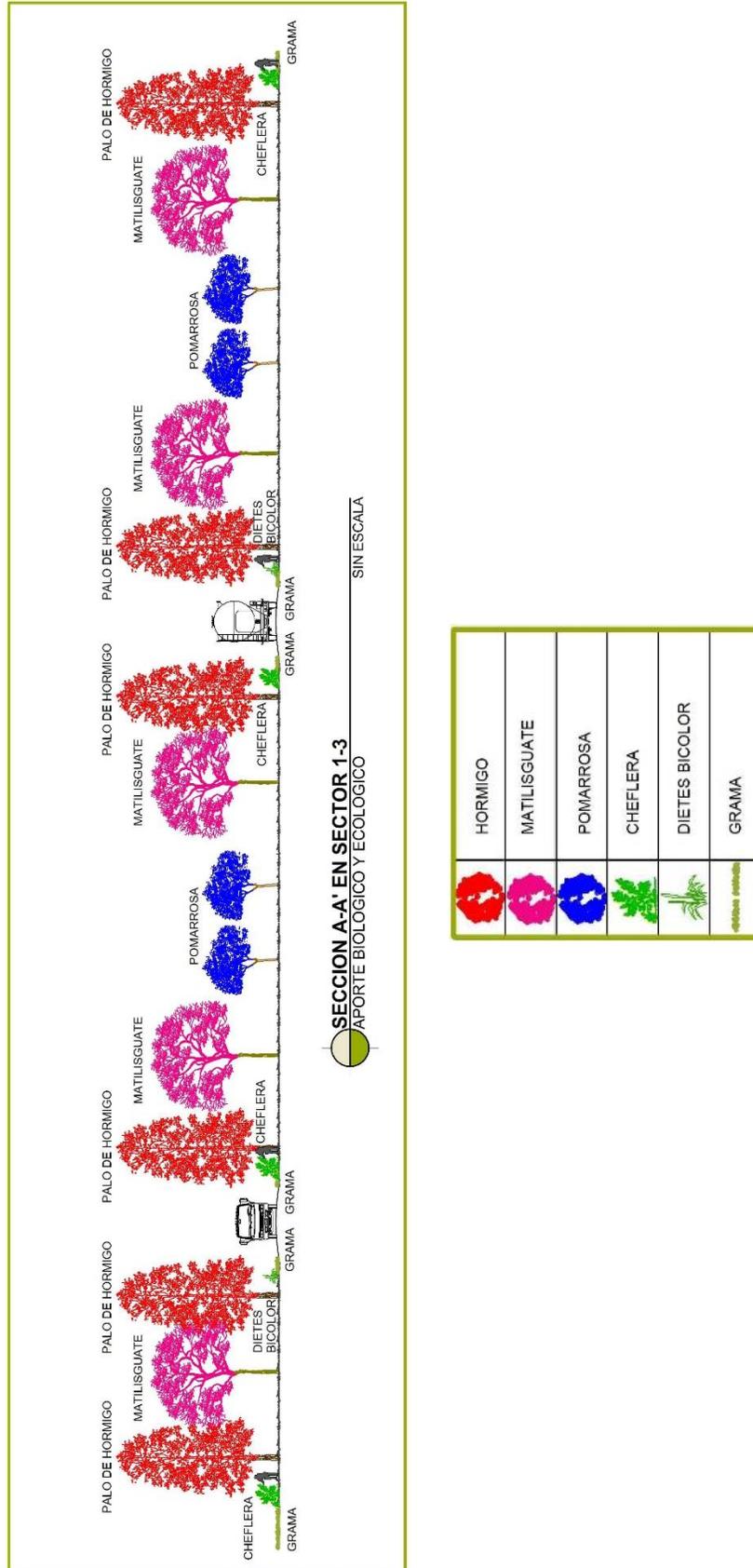


Figura XXXIII. Sección A-A' en sector 1-3 en Patio 1 y simbología. Elaboración Propia.

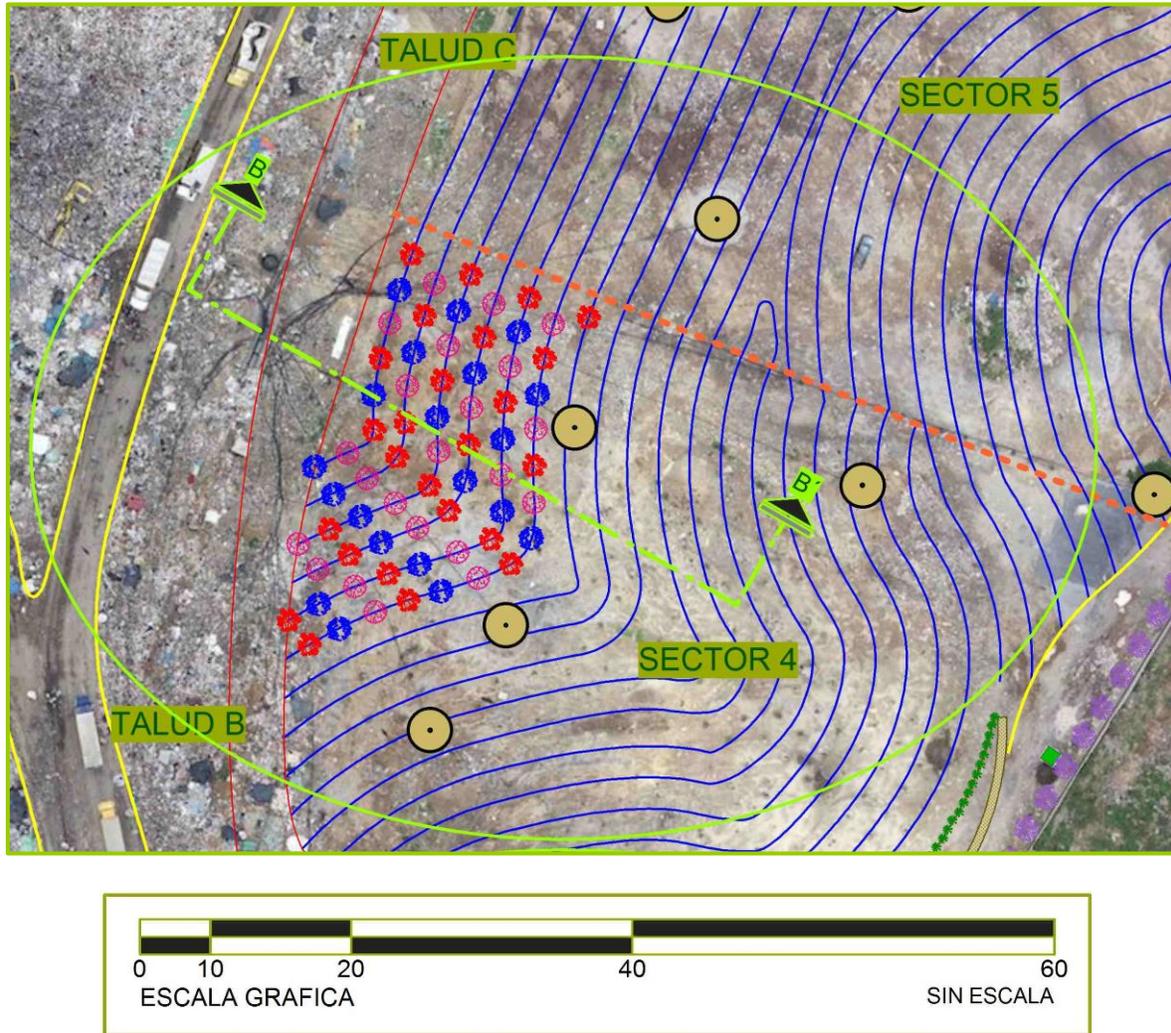
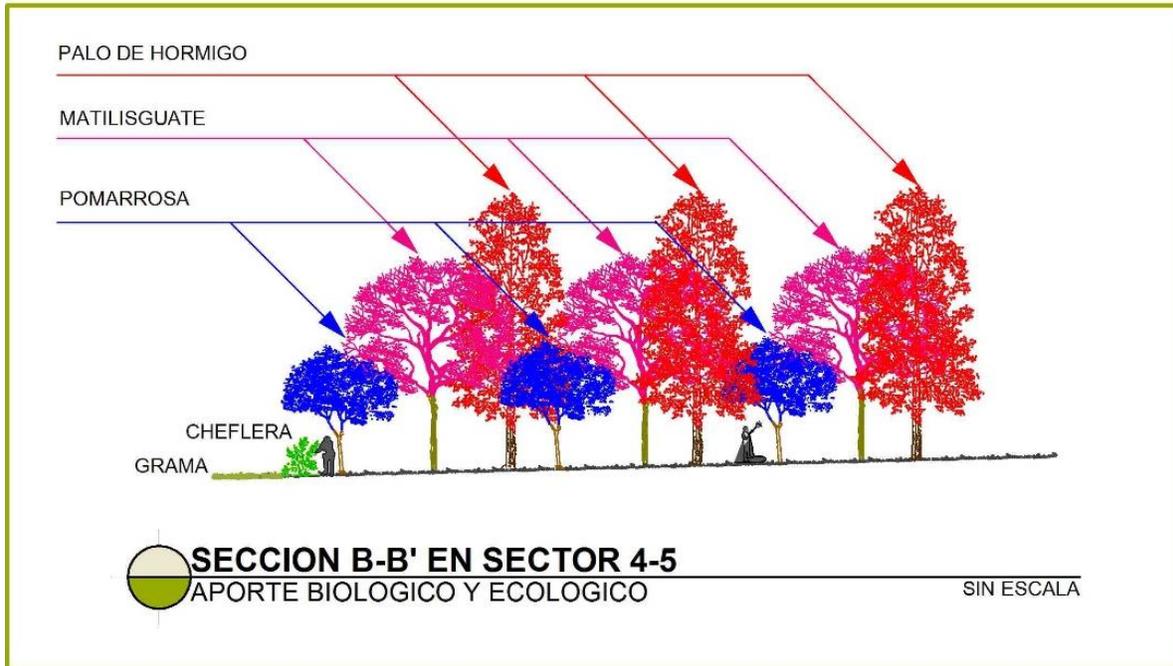


Figura XXXIV. Detalle típico de siembra en planta aplicable en sectores 4-5 en Patio 1. Elaboración Propia.

En el Sector cuatro y cinco del Patio uno la manera de sembrar y posicionar los árboles es diferente a los sectores 1-3, pues presenta una pendiente del 2.61% clasificada como ligeramente ondulada a ligeramente inclinada, desarrollada en una longitud aproximada de 115 metros, esto quiere decir que sobre este terreno se trazaran curvas de nivel para sembrar las especies arbóreas en forma escalonada sobre dichas curvas, esto con el objetivo de favorecer la siembra sobre la topografía del terreno y a la vez como se ha mencionado anteriormente disminuir los mecanismos del viento que causan erosión.

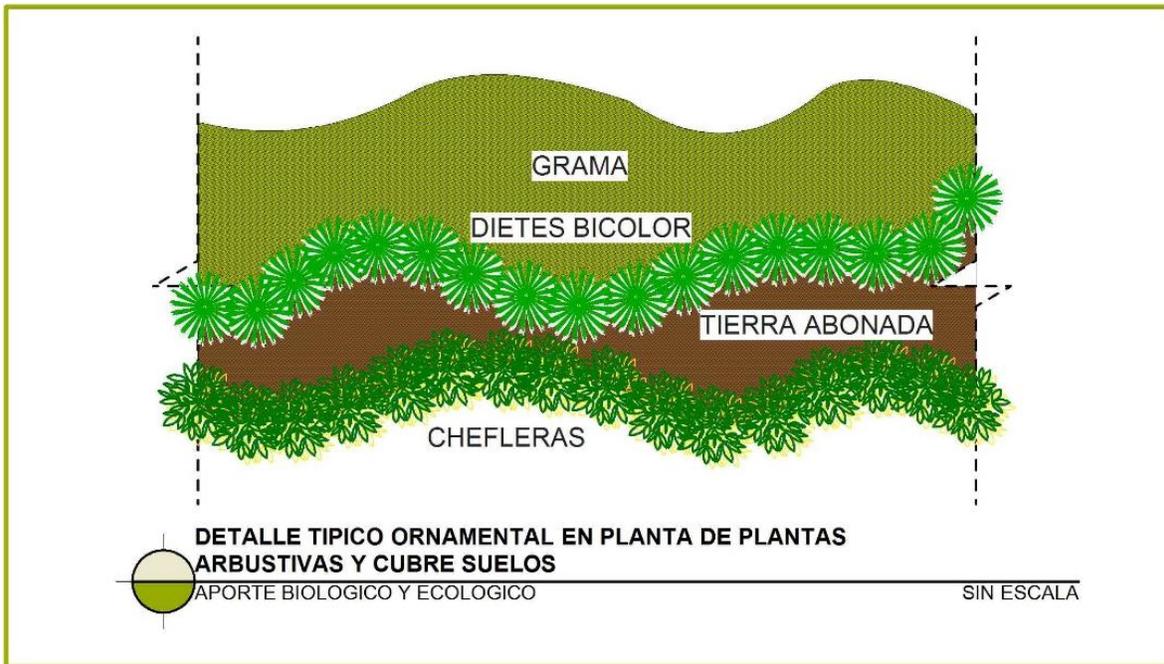
La vegetación siempre será combinada es decir especies arbóreas, arbustivas y cubresuelos con el fin de seguir enriqueciendo el PMA.



	HORMIGO
	MATILISGUATE
	POMARROSA
	CHEFLERA
	GRAMA

Figura XXXV. Sección B-B' en sector 4-5 en Patio 1 y simbología. Elaboración

La muestra de la sección fue tomada en una longitud de 30 metros de desarrollo para ejemplificar la pendiente ligeramente inclinada del 2.61% que posee. Esto muestra la importancia de llevar a cabo la plantación conforme a las curvas de nivel y con esto tener no solo variedad en alturas para una mejor sombra, sino a la vez contrarrestar los efectos de erosión hídrica y eólica que afectan este sector severamente



	GRAMA
	DIETES BICOLOR
	CHEFLERA
	TIERRA ABONADA

Figura XXXVI. Detalle en planta de plantas arbustivas y cubre suelos y simbología. Elaboración Propia.

La combinación de especies cubresuelos y arbustivas complementan más los doseles del SAF, los cuales sirven como filtros para atrapar partículas circulando en el aire sobre el suelo y por encima del mismo. Se diseñaron de una forma orgánica para ornamentar con una mayor calidad visual el PMA, y con esto tener una conexión con las especies arbóreas para formar un conjunto uniforme en toda el área a distribuir las especies.

5.1.2 Descripción de Áreas a intervenir

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
SECTOR 1 - 1580 m2			
Identificación por color	Especie arbórea	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Palo de Hormigo	39.00	39.00
	Matilisguate	31.00	31.00
	Pomarrosa	12.00	12.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN SECTOR 1			82.00
Identificación por color	Especie arbustiva	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Dietes bicolor	644.00	644.00
	Cheflera	644.00	644.00
TOTAL DE ESPECIES ARBUSTIVAS SEMBRADAS EN SECTOR 1			1,288.00
Identificación por color	Cubre suelos	Cantidad sembrada m2	Total sembrada m2
	Gramma	180.00	180.00
	Falso mani forrajero	180.00	180.00
TOTAL DE ESPECIES CUBRE SUELOS EN SECTOR 1			360.00

Tabla XIX. Área a intervenir en el Sector 1. Elaboración Propia.

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
SECTOR 2 - 1760 m2			
Identificación por color	Especie arbórea	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Palo de Hormigo	37.00	37.00
	Matilisguate	32.00	32.00
	Pomarrosa	20.00	20.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN SECTOR 2			89.00
Identificación por color	Especie arbustiva	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Dietes bicolor	484.00	484.00
	Cheflera	484.00	484.00
TOTAL DE ESPECIES ARBUSTIVAS SEMBRADAS EN SECTOR 2			968.00
Identificación por color	Cubre suelos	Cantidad sembrada m2	Total sembrada m2
	Gramma	150.00	150.00
	Falso mani forrajero	150.00	150.00
TOTAL DE ESPECIES CUBRE SUELOS EN SECTOR 2			300.00

Tabla XX. Área a intervenir en el Sector 2. Elaboración Propia.

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
SECTOR 3 - 830 m2			
Identificación por color	Especie arbórea	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Palo de Hormigo	31.00	31.00
	Matilisguate	14.00	14.00
	Pomarrosa	2.00	2.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN SECTOR 3			47.00
Identificación por color	Especie arbustiva	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Dietes bicolor	400.00	400.00
	Cheflera	400.00	400.00
TOTAL DE ESPECIES ARBUSTIVAS SEMBRADAS EN SECTOR 3			800.00
Identificación por color	Cubre suelos	Cantidad sembrada m2	Total sembrada m2
	Grama	117.00	117.00
	Falso mani forrajero	117.00	117.00
TOTAL DE ESPECIES CUBRE SUELOS EN SECTOR 3			234.00

Tabla XXI. Área a intervenir en el Sector 3. Elaboración Propia.

En el Sector 1-3 se dispuso la siembra escalonada para jugar con la forma orgánica del perímetro, protegiendo del viento y la lluvia, que causan las erosiones que deterioran, empobrecen y eliminan nutrientes del suelo.

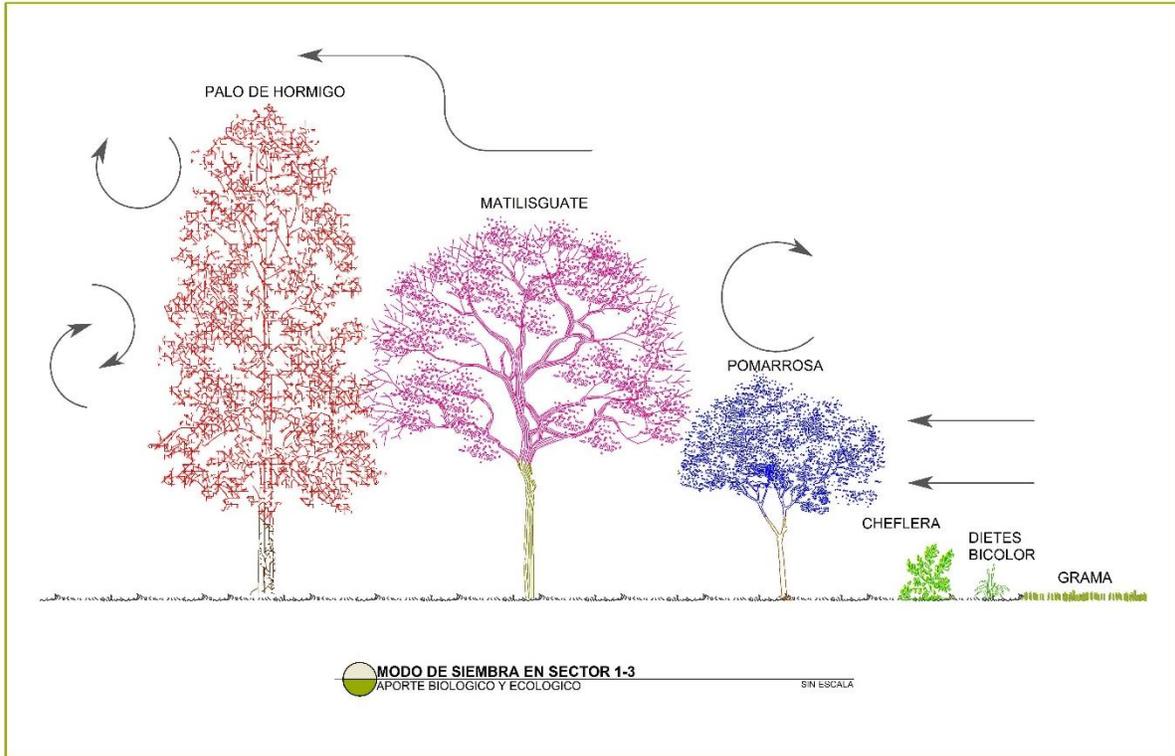


Figura XXXVII. Modo de siembra en sector 1-3. Elaboración Propia.

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
SECTOR 4 - 8755 m2			
Identificación por color	Especie arborea	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Palo de Hormigo	90.00	90.00
	Matiliguat	90.00	90.00
	Pomarrosa	88.00	88.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN SECTOR 4			268.00

Tabla XXII. Área a intervenir en el Sector 4. Elaboración Propia.

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
SECTOR 5 - 8755 m2			
Identificación por color	Especie arbórea	Cantidad sembrada	Total sembrada
	Palo de Hormigo	90.00	90.00
	Matilisguate	90.00	90.00
	Pomarrosa	88.00	88.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN SECTOR 5			268.00

Tabla XXIII. Área a intervenir en el Sector 5. Elaboración Propia.

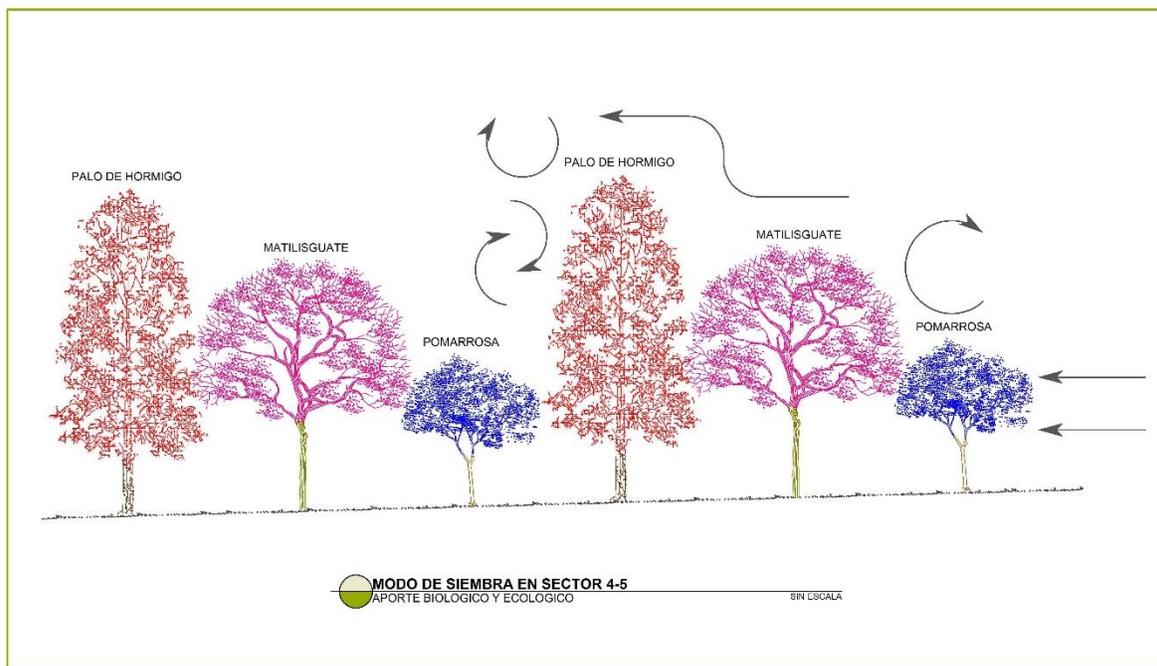


Figura XXXVIII. Modo de siembra en sector 4-5. Elaboración Propia.

En el Sector 4-5 se dispuso la siembra escalonada a favor de las curvas de nivel y su pendiente, ya que esto evita la erosión eólica e hídrica y proporciona mejor resistencia al viento predominante que puede ser de norte a sur o sur a norte con cierto grado de cruce en ambos sentidos en distintas épocas del año. Con este diseño no solo se busca la protección del suelo, sino también tener un juego de alturas arbóreas que eviten la monotonía de siembras en el área.

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
PERIMETRO NORTE - 102 ml			
	Jacaranda	20.00	20.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN PERIMETRO NORTE			20.00

Tabla XXIV. Área a intervenir en el Perímetro Norte. Elaboración Propia.

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
PERIMETRO ESTE - 172 ml			
	Jacaranda	33.00	33.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN PERIMETRO ESTE			33.00

Tabla XXV. Área a intervenir en el Perímetro Este. Elaboración Propia.

En los perímetros del muro norte y este se incluirán siembras de jacarandas, ya que es un árbol ornamental y aromático que realza la calidad y posee un aporte paisajístico al lugar de mucha importancia para aquellos observadores que contemplen desde afuera hacia adentro del relleno sanitario. De esta manera se busca implementar una especie que dé más color y presentación al lugar aportando enriquecimiento visual, sombra y nutrientes al suelo ya que cuando este florece y bota su flor, crea un efecto de alta incorporación por su rápida descomposición favoreciendo al reciclaje de nutrientes.

AREA A INTERVENIR MEDIANTE UN SISTEMA AGROFORESTAL			
TALUD A			
	Izote	100.00	100.00
	Dietes bicolor	2,000.00	2,000.00
TOTAL DE ESPECIES ARBUSTIVAS SEMBRADAS EN TALUD A			2,100.00

Tabla XXVI. Área a intervenir en el Talud A. Elaboración Propia.

5.1.3 Resumen total de especies arbóreas, arbustivas y cubresuelos a implementar

RESUMEN DE ESPECIES ARBOREAS A IMPLEMENTAR				
AREA	NUMERO	ESPECIES ARBOREAS	CANTIDAD	TOTAL DE ESPECIES
Sector	1/5	3	754.00	754.00
Perímetro	Norte-Este	1	53.00	53.00
TOTAL DE ESPECIES ARBOREAS SEMBRADAS EN SECTORES Y PERIMETROS				807.00

Tabla XXVII. Resumen de especies arbóreas a implementar. Elaboración Propia.

RESUMEN DE ESPECIES ARBUSTIVAS A IMPLEMENTAR				
AREA	NUMERO	ESPECIES ARBUSTIVAS	CANTIDAD	TOTAL DE ESPECIES
Sector	1/3	2	3,056.00	3,056.00
Talud	A	2	2,100.00	2,100.00
TOTAL DE ESPECIES ARBUSTIVAS SEMBRADAS EN SECTORES				5,156.00

Tabla XXVIII. Resumen de especies arbustivas a implementar. Elaboración Propia.

RESUMEN DE ESPECIES CUBRE SUELOS A IMPLEMENTAR				
AREA	NUMERO	ESPECIES CUBRE SUELOS	CANTIDAD m ²	TOTAL DE CUBRE SUELOS EN m ²
Sector	1/3	2	894.00	894.00
TOTAL DE ESPECIES CUBRE SUELOS SEMBRADAS EN SECTORES				894.00

Tabla XXIX. Resumen de especies cubresuelos a implementar. Elaboración Propia.

En el resumen de especies implementadas se puede observar una parte de la variedad de especies que pueden implementarse en suelos hostiles como los rellenos sanitarios. En estos suelos degradados es necesario introducir especies que se adapten a las condiciones para las que serán utilizadas y que beneficien, aporten y enriquezcan el suelo conservándolo y preservándolo para que a futuro este puede tener un positivo cambio de uso de suelo.

Implementar especies en rellenos sanitarios para la renovación y recuperación de suelos no es solo introducir aquellas que luzcan visualmente o que provoquen más sombra, sino aquellas que aporten mayor valor biológico, ecológico, valor de nutrientes para su estabilización, introducción e incorporación de nueva flora y fauna en el lugar afectado por el mal uso de suelo.

6.1 Conclusiones

En la actualidad el área ha sufrido una pérdida potencial del suelo provocado por la escorrentía superficial, la erosión eólica que abarca casi en su totalidad el área del relleno que se ha considerado trabajar, y debido a la escasez de vegetación e intervención de actividades industriales como la extracción de biogás, ésta área denominada Patio 1 cuenta aproximadamente con una extensión de 2.62 ha (26,200m²).

Una vez examinada y considerada toda la información adecuada a las generalidades de la presente Propuesta de mejoramiento ambiental mediante SAF, para el Relleno Sanitario en la Zona 3 de la ciudad de Guatemala, y luego de haber procedido a elaborar las respectivas medidas de manejo del mismo, se concluye en lo siguiente:

- No se ha implementado mejoras en las prácticas de manejo de residuos sólidos dentro del Relleno Sanitario para no degradar más de lo necesario el suelo del terreno, ya que posee alta susceptibilidad a la erosión, debido a que ha sido desprovista de su vegetación original por las actividades realizadas dentro del mismo.
- Las 2.62 ha de terreno donde está situado el área de Patio 1, han sido provistas de especies vegetales arbóreas como pomarrosa y palo de hormigo, sin embargo no se les da el tratamiento adecuado por la falta de una propuesta de manejo y los recursos necesarios enfocados a la recuperación de suelos como lo son el riego, abono y fumigación periódica, esto deriva en el poco crecimiento de la especie y por lo tanto existe un mayor deceso de las mismas.
- Las especies ya implementadas dentro del área poseen alto valor de nutrientes para enriquecimiento de suelos, sin embargo hace falta incorporar más especies arbóreas, arbustivas y cubresuelos que puedan aportar mayor valor natural al área, ya que la poca variedad de especies deriva en monocultivos que no ayudan a obtener mayor calidad ambiental y ecológica para reconfigurar el entorno actual.
- El área destinada a reforestar dentro del Relleno Sanitario se encuentra ubicada en un sitio vulnerable en cuanto la dirección de los vientos predominantes, los cuales transportan partículas de residuos en el aire que causan un impacto ambiental negativo a las comunidades aledañas afectando su calidad de vida.

6.2 Recomendaciones

A la Municipalidad de Guatemala, representada en la Unidad de Apoyo a las Alcaldías Auxiliares de la ciudad de Guatemala y bajo la tutoría de las personas correspondientes al control y manejo del medio ambiente dentro del Relleno Sanitario de la Zona 3 y a toda la comunidad en general, se recomienda lo siguiente:

- Que la implementación de las medidas correctivas de manejo ambiental planteadas dentro de la presente propuesta, deben estar coordinadas de acuerdo con un cronograma de actividades apegadas a la mejora de prácticas del manejo de residuos sólidos dentro del Relleno Sanitario para optimizar el uso de suelos y de esta manera sea más práctica y eficiente la reincorporación de bosques por medio del manejo de un buen sistema agroforestal dentro del relleno sanitario, y que a su vez sirva de ejemplo para otros municipios dentro de la República de Guatemala que deseen llevar un buen manejo de los residuos sólidos.
- Las especies arbóreas, arbustivas y cubresuelos deben cumplir con los requisitos de conservación y estabilidad máximas, para poder desarrollarse en este tipo de suelos hostiles y degradados, y que dichas especies puedan obtener un crecimiento óptimo a partir del buen manejo que se les dé periódicamente, y de esta forma poder convertirse en fuente de refugio, alimento y reproducción de otras especies animales con el fin de incrementar la baja de las mismas en la actualidad, así como también impulsar la conservación, reforestación y reconfiguración del bosque hacia el medio ambiente y este a su vez contribuir a una mayor calidad visual del paisaje local.
- Las especies vegetales dentro de la propuesta de mejoramiento ambiental para darle una imagen de recuperación y buen manejo del área, fueron investigadas y sugeridas de acuerdo al valor ecológico y biológico que aportan dentro de la propuesta de especies factibles a emplear dentro de la propuesta, teniendo en cuenta la capacidad de retención de los gases en la superficie y la retención de agua en la zona de las raíces.
- Dentro de la presente propuesta para establecer un sistema agroforestal se sugiere implementar aquellas especies que tengan un buen sistema radicular que no dañe la estructura del suelo, que tengan un buen follaje para evitar el impacto de los vientos predominantes hacia el suelo y crear nuevos microclimas, sembrar las especies en las áreas con pendientes a favor de las curvas de nivel y de forma escalonada como lo indica

dicha propuesta, y así con ello ayudar a la captación de partículas flotantes en el ambiente para tener mayor facilidad de limpieza de las mismas al utilizarlas como filtros ambientales.

- Se sugiere la implementación de gaviones y estabilización de taludes con materiales del lugar como llantas usadas y piezas de concreto extraídas de la renovación de pistas en calles y avenidas de la ciudad por parte de la Municipalidad de Guatemala, de esta manera aplicando nuevos proyectos de reutilización de material dentro del área de una forma ecológica, biológica, sembrando plantas arbustivas variadas y estructural para evitar su erosión eólica e hídrica.
- Se recomienda a la Municipalidad de Guatemala la instalación de un vivero de producción de plantas nativas y exóticas para tener a disposición material vegetal para actividades de forestación y reforestación en áreas identificadas en toda el área que comprende el relleno sanitario, de esta manera considerar a futuro cuando se lleve a cabo su cierre de operaciones y técnico convertir el área en parque forestal que aporte un nuevo recurso ambiental a la ciudad capital e incluir dentro de las prácticas de conservación de bosques a las comunidades aledañas.
- Realizar estudios de suelos para su análisis estructural y la conformación de nuevos suelos durante el proceso de operaciones dentro del Relleno Sanitario y con esto tener un documento que respalde la incorporación de un suelo estable que evite hundimientos o grietas que deformen el terreno.
- Se requiere de la Municipalidad de Guatemala tener un buen plan de manejo de compost orgánico por medio de material vegetativo residual en mercados municipales de la ciudad de Guatemala y tener una buena planificación estructural para disponer de dichos residuos y poderlos convertir en materia orgánica durante un período de 3 a 4 meses, y tener una producción constante y estable que sirva para nutrir las plantas implementadas en dicha propuesta de mejoramiento ambiental.
- Se recomienda para la Maestría en Diseño, Planificación y Manejo Ambiental de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala hacer más énfasis en los temas de manejo de recuperación de suelos degradados en rellenos sanitarios así como también visitas y prácticas supervisadas a lugares con suelos degradados que necesiten de una propuesta de mejoramiento ambiental e implementación de SAF para su recuperación y reintegración al paisaje.
- A la Escuela de Postgrados de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala fomentar e incentivar a todos los alumnos la aplicación de las buenas prácticas de la agroforestería para la recuperación de suelos y conservación de las áreas

verdes del país y la suma importancia sobre el equilibrio ambiental: en la protección de la tierra, del agua y del aire, además de las ventajas relacionadas con la reincorporación del paisajismo y la calidad visual que aporta la vegetación.

- A la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala promover proyectos de arquitectura verde dentro del pensum que estén enfocados en recuperación de suelos y áreas verdes, así como también la integración del espacio habitable hacia los mismos.
- A la Universidad de San Carlos de Guatemala motivar a todos los estudiantes de las distintas facultades a proponer acciones o concursos dentro de su Facultad que proporcionen ideas para la recuperación de áreas modificadas durante su construcción que afectaron la vegetación y el paisaje del lugar.

7.1 Fuentes de consulta

7.1.1 Artículos

- Cáceres Cortez, Ana Tereza. 2006. Recuperación paisajística de vertederos de basura. Universidade Estadual Paulista, Río Claro, Brasil.
- DEA. Alex Pires. 2007. Introducción a la gestión ambiental. Medellín, Antioquia, Colombia.
- Ospina, Alfredo. 2008. Cerca Viva. Fundación Ecovivero. Cali, Colombia.
- Sotomayor G., Álvaro. 2011. Antecedentes Generales sobre Cortinas Cortavientos Forestales. Chile.

7.1.2 Folletos

- Cristóbal Villanueva, Muhammad Ibrahim, Francisco Casasola. 2008. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Valor económico y ecológico de las cercas vivas.
- Unión Europea. 2011. Barreras vivas. Colección Buenas Prácticas.

7.1.3 Leyes, Reglamentos y Políticas

- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 1985. Constitución Política de la República. Guatemala.
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 1986. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Guatemala.
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 1989. Ley Forestal. Guatemala.
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 1997. Código de salud. Guatemala.

7.1.4 Libros

- Foster, Albert B. 2013. Métodos aprobados en conservación de suelos. Plantación de cortinas arbóreas de protección. El manejo de las zonas arboladas de predios agrícolas. Caps. 14-15.

7.1.5 Mapas

- Municipalidad de Guatemala. Alcaldía Auxiliar Zona 1.

7.1.6 Páginas web

- <http://amsa.gob.gt/>
- <http://ecovivero.org/>
- <http://www.marn.gob.gt/>
- <http://www.inab.gob.gt/>
- http://www.abc.es/hemeroteca/historico-12-01-2004/abc/Sociedad/el-mayor-basurero-del-mundo-pasara-a-ser-uno-de-los-grandes-parques-de-nueva-york_231793.html
- <http://www.fundesyram.info/biblioteca>

7.1.7 Profesionales Consultados

- Carlos Javier, Arq. Tello Durán. Desarrollo, investigación, ecología y planificación urbana. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Fajardo, Sergio, Ing. Agrónomo. Departamento de conservación de suelos. INAB.
- Gutiérrez, Hugo, Ing. Agr. Jefe de la División Forestal. AMSA.
- Medina Espinoza, Jorge Francisco, Lic. Zootecnista y Consultor Ambiental MDU.
- Mendoza Cruz, Efraín Adrián, Ing. Agr. Municipalidad de Guatemala, Relleno Sanitario de la Zona 3.
- Mendoza Marroquín, Bernice Jemimah, Perito Agrónomo. Municipalidad de Guatemala, Relleno Sanitario de la Zona 3.
- Nufío Reyes, Héctor Adilio. Ing. Agr. en Recursos Naturales Renovables AMSA.
- Valiente, Samuel, Ing. Civil Departamento de Catastro Municipalidad de Amatitlán.

7.1.8 Tesis Consultadas

- Barillas Vásquez, Judith, Arq. 2015. USAC. Auditoría del Relleno Sanitario de la Zona 3. Marco Legal.
- López Berbén, Alejandra María José. 2013. USAC. El cumplimiento con las normas internacionales de derecho ambiental y la transformación del colector municipal de desechos sólidos del municipio de Guatemala en relleno. Historia del Derecho Ambiental en América Latina.
- Solórzano Villarreal, Nils. 2005. Universidad Nacional de Costa Rica Sistemas Agroforestales en fincas de pequeños agricultores y la generación de servicios ambientales. “El Caso de la Región del Pacífico central de Costa Rica”.

- Mendieta López, Marcia y Rocha Molina, Lester Raúl. 2007. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Sistemas Agroforestales. Definición, perspectivas y potencialidad de los sistemas agroforestales.

7.1.9 Tratados

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Agenda 21. 1992. Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, Brasil.
- Manual de legislación ambiental de Guatemala, Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, colaboración.

Guatemala, julio 26 de 2019.

Señor Decano
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala
MSc. Edgar Armando López Pazos

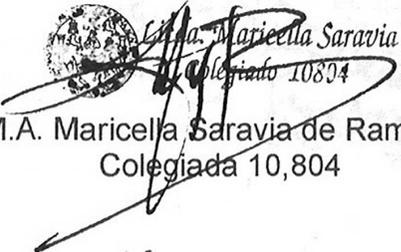
Presente.

Señor Decano:

Atentamente, hago de su conocimiento que con base en el requerimiento del estudiante de la **MAESTRÍA EN DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL** de la Facultad de Arquitectura -USAC, **ARQ. JUAN CARLOS MEDINA ESPINOZA**, Número de Colegiado: **2826** y Carné de Maestría: **100019811**, realicé la Revisión de Estilo de su trabajo final de investigación titulado: **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL MEDIANTE SISTEMAS AGROFORESTALES, PARA EL RELLENO SANITARIO EN LA ZONA 3 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, asesorado por el MSc. Arq. Diego Armando Junior López Castillo, Número de Colegiado: **4298**, previamente a conferírsele el Grado Académico de *Magister / Maestro en DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL*.

Y, habiéndosele efectuado al trabajo referido, las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta, cumple con la calidad técnica y científica requerida, por lo que recomiendo darle continuidad a los trámites correspondientes, antes de que se realice la impresión de dicho documento de investigación.

Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,

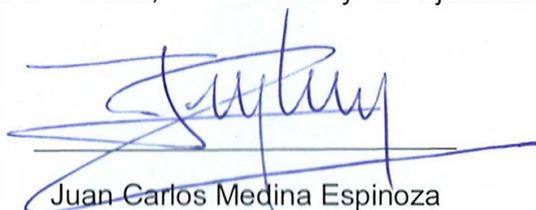

M.A. Maricella Saravia de Ramírez
Colegiada 10,804

M.A. Maricella Saravia de Ramírez
Licenciada en la Enseñanza del Idioma Español y de la Literatura
Especialidad en corrección de textos científicos universitarios

Teléfonos: 3122 6600 - 5828 7092 - 2252 9859 - - maricellasaravia@hotmail.com

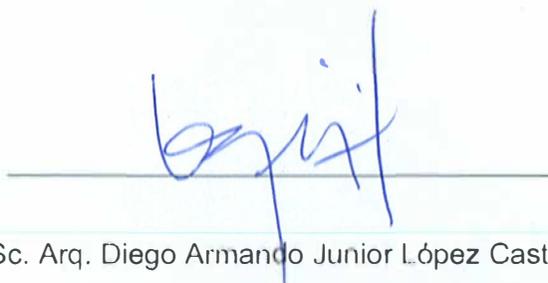
“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL MEDIANTE SISTEMAS AGROFORESTALES, PARA EL RELLENO SANITARIO EN LA ZONA 3 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”.

Maestría de Diseño, Planificación y Manejo ambiental



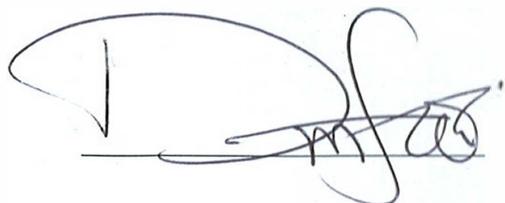
Juan Carlos Medina Espinoza

Sustentante



MSc. Arq. Diego Armando Junior López Castillo

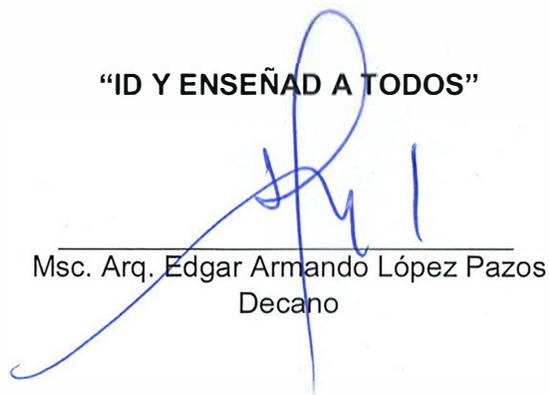
Asesor



MSc. Arq. Dafne Adriana Acevedo Quintanilla De López

IMPRÍMASE

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Msc. Arq. Edgar Armando López Pazos
Decano

