



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

**EVALUACIÓN DE LA EMISIÓN DE GEI QUE SE GENERAN DE LA
DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

TESIS

Para obtener el Título de

INGENIERO QUIMICO

Presenta:

Gladys Marina Ayala Mondragón

México, D.F.

Noviembre 2009





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

EVALUACIÓN DE LA EMISION DE GEI QUE SE GENERAN DE LA DISPOSICION Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

TITULO	PAG.
Abreviaturas	I
Resumen	II
1.Introducción	1
2.Marco Teórico.....	2
2.1 Generación de Residuos Sólidos	2
2.2 Composición de los Residuos Sólidos	3
2.3 Recolección	4
2.4 Opciones de Tratamiento	5
2.5 Reciclaje	6
(Papel y Cartón, Tetrabrik, Pet, Bolsas de Polietileno, Aluminio, Vidrio y Hierro)	
2.6 Elaboración de Composta	14
2.7 Plantas de compostaje	15
2.8 Aspectos Económicos y Comerciales	16
2.9 Disposición e Incineración de Residuos Sólidos	16
2.10 Disposición Final	19
2.11 Relleno Sanitario	20
3. Antecedentes.....	25
4. Justificación.....	25
5. Planteamiento del Problema.....	26
6.Objetivos.....	26
6.1 Objetivos Generales	26
6.2 Objetivos Particulares	26

7. Metas.....	26
8. Metodología.....	26
8.1 Estrategias de Mitigación	27
8.2 Suposiciones para el análisis	29
9.Resultados y Discusión.....	29
9.1 Resultado de las medidas de mitigación	45
9.2 Análisis Comparativo	64
9.2.1 Análisis de las opciones de mitigación	66
9.3 Discusión de Políticas	72
9.3.1 Crear mercados de carbono y metanos	72
9.3.2 Marco Jurídico	73
9.3.3 Marco Legal Vigente	73
10.Conclusiones.....	76
10.1 Conclusiones Generales	76
10.2 Conclusiones Particulares	77
11. Recomendaciones.....	78
12. Anexo.....	80
13. Glosario.....	82
14. Bibliografía.....	84

INDICE DE TABLAS

Tablas	Título	Pag.
1	Proyección de la Generación de Residuos Sólidos Municipales 2004-2020	2
2	Composición de Residuos Zona Geográfica y tipo de Subproductos	3
3	Sitios de Disposición Final en México 1996 – 2005	5
4	Generación y acopio de Residuos Sólidos 1995-2006	6
5	Material para diferentes Calidades de Papel	8
6	Ahorro como resultado del reciclaje de una tonelada de Aluminio	11
7	Capacidad instalada para la incineración de residuos peligrosos 1999-2005	18
8	Formas de Manejo y sus impactos al ambiente	21
9	Capacidad Instalada en los Sitios de Disposición de RSM en México 1995-2005	21
10	Sitios de Disposición Final en México 1996-2005	22
11	Rellenos Sanitarios por Entidad Federativa 2005	23
12	Consideraciones tomadas para 4 escenarios base	29
13	Proyección de la generación de residuos sólidos 2008-2050	31
14	Sitios de disposición final en un escenario base de 3.5%PIB	34
15	Resultados del factor de emisión por tipos de disposición final	37
16	Resultados de producción de CH ₄ y CO ₂ de disposición final escenario 3.5%	41
17	Proyección del proceso de reciclaje de residuos sólidos 2008-2030	46
18	Resultados de la medida de mitigación	48
19	Medidas de mitigación relleno sanitario para un escenario de 3.5%	50
20	Resultados de la medida de mitigación por disposición de residuos sólidos	52
21	Cálculos de proyección de la práctica de compostaje	55
22	Resultados de la mitigación de CO ₂ por la práctica de compostaje	57
23	Proyección de la incineración con respecto al tiempo	61
24	Resultados de la mitigación de CO ₂ por la práctica de incineración	63

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Título	Pag.
1	Generación de Residuos para el Periodo de 1995-2005	2
2	Composición de los Residuos Sólidos Municipales en México	4
3	Logotipo de reciclaje	7
4	Pacas de cartón para reciclaje	8
5	Cajas de tetrabrik para reciclaje	8
6	Bolsas de pet para reciclaje	9
7	Bolsas de polietileno	10
8	Latas de aluminio recicladas	11
9	Botellas para reciclar	12
10	Reciclaje de artículos de acero	13
11	Elaboración de composta	15
12	Plantas de compostaje	16
13	Diagrama de flujo del ciclo de la basura	28
14	Relación de la generación con respecto al tiempo años	32
15	Resultados de la generación de basura y crecimiento poblacional con respecto al tiempo	33
16	Proyección del manejo de la basura por tipo de manejo	36
17	Factor de la emisión de CH ₄ por tipo de manejo	39
18	Emisión de CO ₂ millones de toneladas por tipo de manejo con respecto al tiempo	40
19	Emisión de Metano por tipo de manejo escenario base 3.5% PIB	43
20	Emisiones de CO ₂ por escenario base 3.5% PIB	44

21	Proyección del proceso de reciclaje con respecto al tiempo	47
22	CO ₂ mitigado por exceso de reciclaje con respecto al tiempo	47
23	Costos de CO ₂ mitigado por proceso de reciclaje con respecto al tiempo	49
24	Proyección de rellenos sanitarios con respecto al tiempo	51
25	CO ₂ mitigado por relleno sanitario	53
26	Costos de mitigación por uso de relleno sanitario	54
27	Proyección de la práctica de compostaje 2030	56
28	Resultados de mitigación de CO ₂ por compostaje con respecto al tiempo	58
29	Costos de mitigación CO ₂ por compostaje	59
30	Proyección del proceso de incineración con respecto al tiempo	60
31	Resultados de los costos por el proceso de incineración	62
32	Comparación de medidas de mitigación CO ₂	64
33	Costo en dólares por medidas de mitigación	65

ABREVIATURAS

CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental en América del Norte
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CNA	Comisión Nacional del Agua
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (1990-1992)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LFPCCA	Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PET	Poli Etilén Tereftalato
PIB	Producto Interno Bruto
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
ph	Potencial Hidrógeno
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
RS	Rellenos Sanitarios
RSI	Residuos Sólidos Industriales
RSM	Residuos Sólidos Municipales
RTC	Rellenos de Tierra Controlados
SDRS	Sitio de Disposición de Residuos Sólidos
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
TCA	Tiradero a Cielo Abierto
SEGEM	Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MCF	Factor de correlación de Metano
PDC	Planta de Compostaje
SEGEM	Secretaría de Ecología del Gobierno del Distrito Federal
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes al metano

GEI	Gases de efecto Invernadero
ECOCE	Ecología y Compromiso Empresarial, A.C
EPA	Agencia de Protección Medioambientales de E.U.
PDC	Plantas de Compostaje
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
ITESM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
IPN	Instituto Politécnico Nacional
EM	Estado de México
DDF	Departamento del Distrito Federal
DGSU	Dirección General de Servicios Urbanos
BM	Banco Mundial
GEF	Global Environmental Facilities
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
FPC	Fondo Prototipo del Carbono
EPR	Responsabilidad empresarial extendida
OCDE	introducción de el principio de Responsabilidad de Productor Extendido)
CRE	Certificados de Reducción de Emisiones
CER'S	Certificado de no Emisión de CO ₂
BPCS	bifenilos policlorados
N	Nitrógeno
O	Oxígeno
N ₂ O	Óxido Nitroso
NO	Monóxido de Carbono
DOC	Carbón Orgánico degradable
Gg	Gigagramo
NOM	Norma Oficial Mexicana
SAGARPA	Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
PROFECO	Procuraduría Federal del Consumidor
DGOT	Dirección General de Ordenación del Territorio

RESUMEN

Cuando tiramos la basura y la depositamos en el servicio de limpia damos por terminado el problema pero para el medio ambiente es el inicio de un ciclo en el que se generan una variada cantidad de sustancias conocidas como gases de efecto invernadero (GEI).

Los cuales tienen una repercusión negativa para el mismo.

El presente trabajo tiene como finalidad estimar la cantidad de CO₂ y CH₄ que se generan a partir del tratamiento de los residuos sólidos a nivel nacional.

Tomando como base el número de población y la cantidad de desechos que se generan en un año; se realizan proyecciones entre el periodo de 2008 al 2050.

También se analizan a escenarios para el manejo de residuos sólidos: compostaje, rellenos sanitarios, reciclaje, incineración incluyendo sus ventajas y desventajas así como sus costos.

Finalmente se hacen unas recomendaciones para contribuir a un mejor manejo de los residuos sólidos así como disminuir las emisiones de gas de efecto invernadero.

1.INTRODUCCION

La disposición de residuos sólidos urbanos produce de diversas maneras gases de efecto invernadero.

La descomposición anaeróbica de los desperdicios en basureros produce metano, un gas veintiún veces más dañino que el dióxido de carbono; también, la incineración de la basura produce dióxido de carbono como subproducto.

Por otro lado los sitios de disposición de residuos sólidos (SDRS) también produce óxido nítrico (N_2O), dióxido de carbono biogénico (CO_2), así como Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM), pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno (NO_x), y monóxido de carbono (CO). Algunos estudios han revelado que uno de los impactos potenciales más importantes asociados con la gestión de los servicios de aseo urbano es la contaminación de aire por componentes potencialmente cancerígenos y no cancerígenos así como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que influyen en el cambio climático¹.

De manera indirecta, el transporte de la basura hacia los lugares de disposición final produce gases efecto invernadero como producto de la quema del combustible utilizado por los equipos. Asimismo, la disposición final de materiales indica que nuevos productos están siendo elaborados como reemplazos; esta producción usualmente requiere el uso de combustibles fósiles para obtener materia prima y manufacturar los productos.

El manejo de residuos tiene por lo menos cinco tipos de impacto –negativos y de oportunidad- en el cambio climático, atribuibles a:

- 1) emisiones de metano y CO_2 provenientes de los sitios de disposición final (rellenos sanitarios y sitios no controlados)
- 2) reducción en el uso de la energía usada en la industria, de las emisiones -debido al reciclaje- y minimización de la generación de residuos
- 3) recuperación de energía de la basura
- 4) secuestro de carbono en bosques debido al decremento de la demanda de papel virgen
- 5) energía usada en el transporte de residuos a través de largas distancias.

Por lo que respecta al control de gases, en algunos casos el biogás es captado mediante sistemas de ingeniería, no obstante, por lo regular, los gases son emitidos libremente a la atmósfera sin ningún aprovechamiento o tratamiento, y esto implica que queda fuera de control la emisión a la atmósfera de gases tóxicos y de invernadero²

2.MARCO TEORICO

2.1 GENERACION DE RESIDUOS SÓLIDOS

La generación de residuos en México como en cualquier parte del mundo va a la alza. México, según información de Semarnat publicada en el “Diagnóstico básico para la gestión de los Residuos” la generación per cápita en el país se ha triplicado en el periodo que va de 1950 a 2004 (de 300 a 900 gr. Respectivamente) . En la Tabla 1 se observa la misma situación presenta la población en el país pues en igual periodo esta paso de 30 a 105 millones de habitantes. Con lo que actualmente la generación total de basura a nivel nacional se estima en 94,800 toneladas diarias y 34 millones de toneladas anuales.

Tabla 1. Proyección de la generación de residuos sólidos municipales 2004-2020

Año	Número de habitantes	Generación Kg/hab/día	Toneladas diarias	Toneladas anuales (en miles)
2004	105'350,000	0.900 ²	94,800 ²	34,600 ²
2005	106'452,000	0.910	96,900	35,370
2010	111'614,000	0.960	107,100	39,100
2015	116'345,000	1.010	117,500	42,890
2020	120'639,000	1.060	128,000	46,700

FUENTE: 1 Proyecciones de Población, 2000-2020.CONAPO, México, 2003.

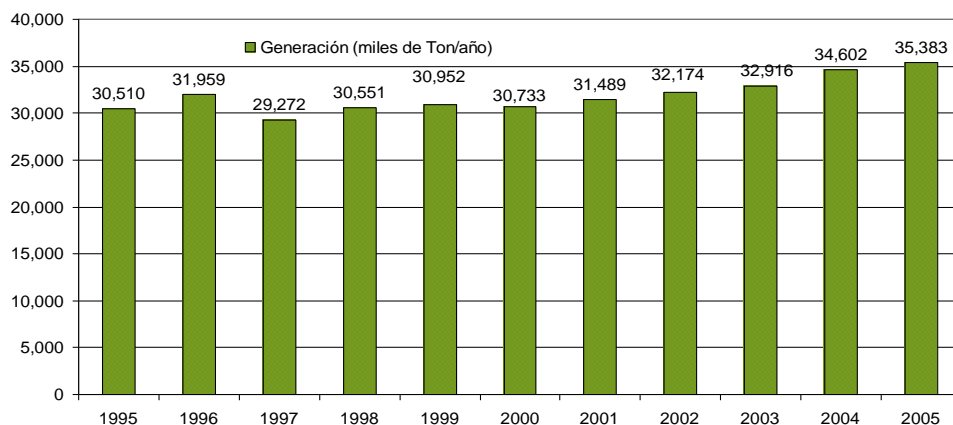


Figura 1. Generación de residuos para el periodo 1995-2005.

FUENTE: Datos basados en SEDESOL y SEMARNAT

2.2 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos municipales están compuestos básicamente por materia biodegradable y materiales inertes que provienen de los hogares, comercios y servicios en general, de la limpieza de la vía pública, de la industria de la construcción, así como de algunas actividades industriales. La composición de los residuos ha cambiado sustancialmente en las últimas décadas.

A mediados del siglo pasado, entre 65 y 70% de los residuos era de naturaleza orgánica (por ejemplo, restos de comida y hojas); para el año 2004, este tipo de residuos ya sólo representaba cerca de 50%.⁶

Con base a lo anterior, se puede apreciar en la tabla 2 que la cantidad y composición de los residuos sólidos municipales se ha modificado de manera sustancial. La generación de residuos se incrementó y sus características se transformaron de materiales mayoritariamente orgánicos, a elementos cuya descomposición es lenta y requiere de procesos físicos, biológicos o químicos complementarios para efectuarse. En la misma tabla 2 se aprecia una variación regional en la composición de los residuos, la cual refleja patrones de consumo diferentes, asociados al nivel socioeconómico de cada región.

Tabla 2. Composición de residuos por zona geográfica y tipo de subproducto (valores en %)

Subproducto	Frontera norte	Norte	Centro	Sur	D.F.
Cartón	3.973	4.366	1.831	4.844	5.360
Residuos finos	1.369	2.225	3.512	8.075	1.210
Hueso	0.504	0.644	0.269	0.250	0.080
Hule	0.278	0.200	0.087	0.350	0.200
Lata	2.926	1.409	1.700	2.966	1.580
Material ferroso	1.183	1.476	0.286	0.399	1.390
Material no ferroso	0.226	0.652	0.937	1.698	0.060
Papel	12.128	10.555	13.684	8.853	14.580
Pañal desechable	6.552	8.308	6.008	5.723	3.370
Plástico película	4.787	5.120	1.656	1.723	6.240
Plástico rígido	2.897	3.152	1.948	1.228	4.330
Residuos alimenticios	26.972	21.271	38.538	16.344	34.660
Residuos de jardinera	16.091	19.762	7.113	26.975	5.120
Trapo	1.965	2.406	0.807	2.157	0.640
Vidrio de color	2.059	0.934	4.248	0.599	4.000
Vidrio transparente	4.590	5.254	5.051	3.715	6.770
Otros	11.500	12.267	12.326	14.102	10.410
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

FUENTE: Secretaría de Desarrollo Social, 2004

Se estima que actualmente en el país, a nivel global, el 52% de los residuos sólidos municipales son de tipo orgánico, en tanto que el 28% son potencialmente reciclables como el papel y cartón (15%), vidrio (6%), plásticos (5%), metales (3%) y textiles (1%). El 19% restante son residuos de madera, cuero, hule, envases de cartón encerado, trapo y fibras diversas; tal como se muestra en la figura 2. Destacan los residuos orgánicos principalmente y el papel y cartón; ambos son los mayores contribuyentes del sector a las emisiones de GEI cuando se disponen en Rellenos Sanitarios

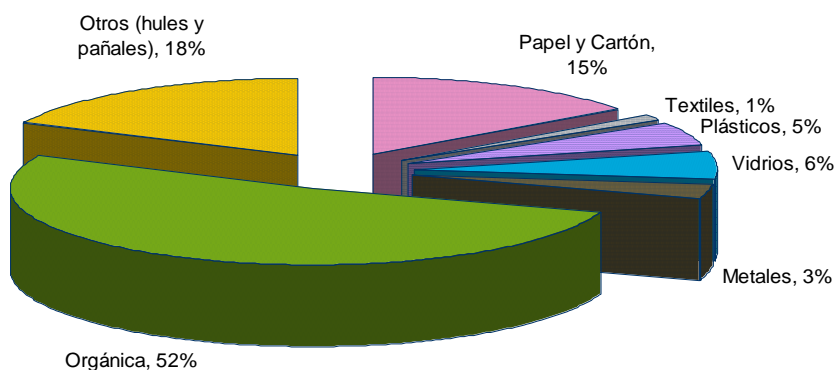


Figura 2. Composición de los Residuos Sólidos Municipales en México, FUENTE: Datos basados en SEDESOL y SEMARNAT.

2.3 RECOLECCIÓN

El sistema de recolección es una parte importante del manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) , una vez recolectados los residuos y separados por corrientes más o menos homogéneas, éstos pueden ser asignados a diversos procesos de tratamiento (mecánicos, físicos, químicos o térmicos) que incluyen: el reciclaje, el aprovechamiento energético, la elaboración de compostas, la recuperación de biogás, la incineración, la formulación de combustibles alternos y el relleno sanitario. Se considera que se recolecta sólo el 83% del total de los residuos, una parte importante que casi no se toma en cuenta se van al drenaje y a los cuerpos de agua .

Una vez recolectados pueden ser sometidos a procesos que produzcan beneficios técnicos operativos, económicos y sanitarios. Estos procesos de tratamiento ayudan a la protección del hombre y del medio ambiente.

Se estima que se recolecta el 87% de las 94,800 toneladas de residuos que diariamente se generan en el país; es decir 82,500 toneladas, mientras quedan dispersas del orden de 12,300 toneladas. Esta cobertura varía según el tamaño de la localidad, calculándose que en las grandes zonas metropolitanas alcanza 95%; en ciudades medias varía entre 75 y 85%; y en áreas urbanas pequeñas se ubica entre el 60 y 80%. En la mayoría de los municipios el servicio de recolección se presta regularmente en la cabecera municipal; y se deja a las otras localidades con recolecta una vez por semana, siempre que se tenga disponibilidad de vehículos recolectores, situación que no siempre se da.

En la gran mayoría de los municipios es recurrente la pre pepena de materiales con mayor valor comercial, tales como el aluminio, vidrio y cartón, además del cobro informal (propina) al usuario.

En la tabla 3 se muestra la recolección registrada de 1996 al 2005 y se reporta como recolección en ton/año.

Tabla 3. Sitios de Disposición Final en México, 1996-2005.

Año	Recolección (Ton/año)
1996	22,371,300
1997	22,539,800
1998	25,854,900
1999	26,194,700
2000	26,009,300
2001	26,648,800
2002	27,669,300
2003	28,636,600
2004	30,106,700
2005	31,257,400

FUENTE: Elaborada con base en SEDESOL

2.4 OPCIONES DE TRATAMIENTO.

Las decisiones de asignación de cada tipo de residuos va a depender de las características de los residuos, del costo y viabilidad tecnológica de cada opción, de la existencia de mercados, de costos de transacción y del marco regulatorio vigente:

- A) Acopio
- B) Reciclaje
- C) Aprovechamiento Energético
- D) Elaboración de Composta

Tabla 4. Generación y acopio de residuos sólidos de 1995 al 2006

Año	Generación (Ton/año)	Acopio (Ton/año)
1995	30,509,610	718,990
1996	31,959,400	753,600
1997	29,272,400	689,830
1998	30,550,500	719,950
1999	30,952,000	729,420
2000	30,733,000	724,250
2001	31,488,600	742,060
2002	32,173,600	790,470
2003	32,915,700	820,500
2004	34,602,000	895,040
2005	35,383,100	1,150,000
2006	36,135,000	1,176,000

FUENTE: Elaborada con base en SEDESOL

En la figura 4 se muestra la cantidad de subproductos que se acopiaron en rellenos sanitarios durante el año 2004, sin embargo estas cifras se deben tomar con cuidado debido a que es conocido que en el país existe una gran cantidad de gente dedicada a la pepena y pre pepena, ya que desde el momento que los residuos son depositados en los camiones contenedores los chóferes y ayudantes del mismo van haciendo una selección de los residuos de acuerdo a su valor económico. Por lo mismo, la principal fuente para recolectar materiales para llevar a las plantas de reciclado son centros de acopio cercanos a los rellenos sanitarios.

2.5 RECICLAJE

El reciclaje representa una opción eficiente para sustituir materias primas vírgenes, y por tanto una fuente de valor. El reciclaje ideal comienza con la separación de los residuos sólidos reciclables en los hogares, enviándose a las plantas de segregación solamente los materiales potencialmente reciclables. Esta separación previa disminuye la contaminación de los subproductos y, consecuentemente aumenta la productividad de las plantas.

El reuso y el reciclaje son dos opciones para disminuir el desecho de subproductos que van a ocupar normalmente espacio en los rellenos sanitarios cuando todavía tienen una vida útil, además de disminuir la explotación de materia prima virgen. Además, en los rellenos sanitarios contribuye a reducir el impacto ambiental de la disposición de desechos sólidos, las emisiones a la atmósfera, la generación de lixiviados y los malos olores.

La industria del reciclaje en México es un sector que está dominado por el sector informal y que básicamente lo mueven las organizaciones de pepenadores.

En la Ciudad de México se práctica el reciclaje desde hace tres décadas, la motivación es económica no ecológica, lo cual se debe al desempeño de los bajos salarios. Por lo mismo, el acopio de materiales para reciclar se muestra complicado en el país; aún así se ha venido dando el acopio de materiales principalmente en los rellenos sanitarios. Aunque cabe señalar que estas cifras se consideran bajas pues la recuperación de subproductos con valor se empieza a dar desde que se origina la basura.²

El reciclaje ofrece las siguientes ventajas: Conservación de los recursos naturales, ahorro de energía, economía en el transporte de los residuos sólidos y ocupación de área en el relleno (debido a que se reduce la cantidad de materiales a ser transportados al relleno), generación de ingresos y puestos de trabajo, concientización de la población sobre los problemas sociales y ambientales.

Los materiales que más se recolectan en México son el aluminio, el PET (envases de plástico), el vidrio y los derivados de la celulosa (cartón y papel específicamente).



Figura 3. Símbolo de Reciclaje

RECICLADO DE PAPEL Y CARTON

Se ha extendido en México el reciclado de papel y cartón y ya asciende al 80% de la producción nacional, aunque todavía se encuentra en la basura un promedio diario nacional de 9 mil toneladas, que bien podrían recuperarse y con ello obtener por su venta unas 2 mil millones de pesos anuales. En muchas instituciones educativas se acopia el papel y el cartón en “papeleras” y en otros casos se hacen concursos para que los alumnos concentren los periódicos para su venta global y canalización de las ventas para beneficio social de la escuela.

Cada día se utiliza más el papel de oficina reciclado y hasta hay una iniciativa para que sea obligatorio su uso en las dependencias oficiales, lo cual no es factible debido a que ya el 80% del papel es reciclado y utilizado comercialmente pero lo primero que se debería promover es que todas las oficinas oficiales canalicen el papel de oficina sobrante a la Comisión Nacional de Libros de Texto, en cumplimiento al Acuerdo Presidencial al respecto.

Los ahorros del reciclamiento y uso del papel no solo salva a 15 árboles (absorbedores de bióxido de carbono), por cada tonelada de papel, sino que hay una reducción de más del 55% del consumo de la energía requerida para la producción de papel, a partir de celulosa virgen.

Para fabricar 1,000 kg. De papel se necesitan 3,300 kg. De madera.
70 % de agua = 23-28 mil litros de agua.



Figura 4. Pacas de cartón, para reciclaje

Tabla 5. Material para diferentes calidades de papel.

Materia virgen	Papel de calidad	Papel corriente	Papel reciclado
Árboles	2.400 Kg	1.700 Kg	0
Agua	200.000 L	100.000 L	20.000 L
Energía	7.500 Kw/h.	5.000 Kw/h.	2.500 Kw/h.

Fuente. ECOCE (2008) Respuesta a una necesidad actual. Ecología y Compromiso empresarial, A.C

Un millón de toneladas de revista requiere 375.000m³ de espacio en los vertederos. Este papel se podría reprocesar en 500,000 toneladas de cartón del tipo que se utiliza para las cajas de cereales. 1 tonelada de periódicos = 2.5 toneladas de dióxido de carbono prevenido.

TETRABRIK.

Para mantener la producción actual de tetrabrik, sería necesario: talar 1.700.000 árboles para el cartón, extraer 25.200 ton de bauxita para el aluminio y millones de barriles de petróleo para el etileno. En relación al agua, el consumo de agua utilizada durante la fabricación del tetrabrik es cuatro veces superior que el que se utiliza para una botella de vidrio.

Estadísticas mencionan que por cada tonelada de Tetrabrik reciclado ahorramos: 3000 kW de energía eléctrica, 100,000 litros de agua, 221 kg de petróleo, 1500 kg de madera en tratamiento y eliminación de residuos municipales.



Figura 5. Caja de Tetrabrik, reciclaje.

PET

PET (polietilén tereftalato) reportándose que en los últimos tres años se han reciclado casi seis mil millones de envases, que aunque siendo importante la cifra, se reporta que solo el 20% del total se recupera y otro 20% llega a basureros o rellenos sanitarios y el 60% queda tirado en calles, bosques, barrancas y carreteras. En la zona metropolitana del Valle de México se ha calculado que se consumen más de 125 mil toneladas anuales de envases de PET.⁷

Al reciclar PET y otros plásticos se dejan de consumir productos derivados del petróleo o del gas natural, que son requeridos como energéticos, además de que son los contenedores, que por ligeros, requieren menos combustibles fósiles (causantes principales del Calentamiento Global) para su traslado al sitio de utilización.

Este sector es importante si se considera que México es uno de los mayores consumidores de este producto (735 mil toneladas aproximadamente en 2006), y si se toma en cuenta la gran cantidad de espacio que se necesita para disponer de este material en rellenos sanitarios. El PET se introdujo en México en 1992, gradualmente empezó a hacerse su reciclado aunque tuvo mayor auge a partir de 1994-1995, aunque aún siguió siendo una escala muy pequeña. En México existe un organismo llamado Ecología y Compromiso Empresarial, A.C. (ECOCE) que administra el primer plan nacional de manejo de residuos de envases de PET (2003) y que tiene un enfoque de promoción, fomento y difusión para la prevención y contaminación del agua, aire y suelo, así como la protección al medio ambiente con el fin de preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

Con el reciclaje reducimos la contaminación del aire y del suelo, se conservan el petróleo y el gas natural, productos que son utilizados para la elaboración del material virgen de donde proviene el plástico.

750,000 toneladas de PET al año demandan los consumidores mexicanos. 7 kg. de PET desecha cada mexicano al año algo así como 233 botellas.

De todo el PET que se desecha 21.5 % se recicla, 0.5 % está disperso en el ambiente, 79 % se encuentra en rellenos sanitarios y tiraderos. Es decir, ocho de cada 10 botellas no son aprovechadas. Los desechos del PET representan el 2.7 % de peso de la basura generada en el país.⁷



Figura 6. Botellas de Pet

LAS BOLSAS DE POLIETILENO

Comúnmente conocidas como bolsas de plástico, hicieron su aparición en la década de los 70's, y de inmediato se convirtieron en el instrumento favorito de millones de personas para cargar las compras.

Se calcula que actualmente cada persona que compra en cualquier supermercado, consume en promedio 5 bolsas. La cantidad de consumo individual es significativa, pero como país es descomunal. Además si se redujera el consumo de bolsas de plástico en los centros comerciales, se contribuiría a mitigar los efectos del cambio climático: según datos por cada 4 mil 250 millones de bolsas que se producen hay una emisión de 58 mil 500 toneladas de bióxido de carbono que se va a la atmósfera.

En Australia, Sudáfrica, India, Alemania y Tanzania se han prohibido las bolsas de plástico, o se les ha aplicado impuestos especiales. En nuestro continente, la ciudad de San Francisco, E.U., es la única ciudad que ha prohibido las bolsas de plástico.⁷



Figura 7. Bolsa de Polietileno

ALUMINIO

El reciclaje de las latas de aluminio Los recipientes de aluminio son ideales para la conservación de alimentos, ya que son muy ligeros e impermeables a la humedad, a los gases, a la luz y a los olores. En México, las latas de aluminio se utilizan una sola vez para después ser recicladas o eliminadas en los rellenos sanitarios.

En el proceso de reciclaje de este material se recolectan las latas que se envían a un proceso de fundición para ser convertidas en lingotes y posteriormente en láminas de aluminio. Por evidencia empírica se sabe que los procesos industriales que transforman la materia prima virgen para la producción de aluminio, la bauxita en aluminio, consumen grandes cantidades de energía eléctrica y generan residuos llamados «lodos rojos» que contaminan el agua y el suelo con óxidos y silicatos.

En consecuencia, el reciclaje de este material proporciona grandes ahorros de energía y de desechos contaminantes. Asimismo, cuando se utiliza aluminio recuperado para fabricar las latas en lugar de materias primas, se genera un ahorro de 95% en la cantidad de energía requerida en el proceso (Sedesol). Esta misma fuente sostiene que de considerarse los costos de recolección, transporte y transformación, el ahorro generado resulta cercano al 40 %.

El siguiente cuadro muestra los ahorros que ofrece el reciclaje de aluminio en términos físicos.

1 tonelada de aluminio reciclado = 13 toneladas de dióxido de carbono prevenido.

Tabla 6. Ahorros como resultado del reciclaje de una tonelada de aluminio

Materias primas	4 ton. de bauxita
Agua	91,200 L
Energía	14,630 kw/h
Emisión de contaminantes	Dióxidos sulfúricos, lluvia ácida
Desechos sólidos	349,74 kg
Otros residuos	1,646 kg lodos rojos

FUENTE: Información obtenida en Gobierno del estado de Coahuila, 1997 y Sedesol, 1993

También se ha vuelto una práctica común el acopio de latas de refrescos y otras bebidas para su reciclamiento y recuperar el aluminio con lo que se ahorra hasta un 95% de la energía utilizada en el proceso original, dejando de emitir una buena proporción de Gases Efecto de Invernadero.



Figura 8. Latas de Aluminio recicladas

VIDRIO

El vidrio es reciclable en su totalidad, requiriéndose temperaturas menores para su fundición, con lo que hay un importante ahorro de energía junto con una disminución de Gases Contaminantes de la Atmósfera. Una botella de vidrio tarda más de 1, 000,000 de años en destruirse y en la actualidad 50% de los envases de vidrio que se utilizan quedan enterrados en los rellenos sanitarios. La principal materia prima con que se elabora el vidrio es la arena sílica, la cual se mezcla con otras materias primas como cloruro de potasio y caliza, y se funde en hornos especiales.

Este proceso, sin embargo, requiere de un gran gasto de energía. El vidrio es 100% reciclable, de manera infinita ya que nunca pierde sus características esenciales, además, al reciclar una tonelada de vidrio se reduce: 20% la contaminación del aire y 50% la contaminación del agua, y

con la energía que se ahorra al reciclar un solo envase se puede mantener un televisor prendido durante cuatro horas.

En México se funden un millón 146 mil toneladas de vidrio. 567 mil toneladas son de vidrio reciclado o cullet (término que se le asigna en esta industria) Después de Alemania, Holanda, Francia y España, México se coloca como el quinto lugar en el reciclaje de vidrio a nivel mundial. Vitro recicla aprox. 60% del vidrio que produce y se queda en México.

En 2006 la empresa procesó 60 mil de las 450 mil toneladas de vidrio reciclado o cullet que se generaron en el País. Apoya 151 programas de reciclaje en centros de recolección, incluyendo escuelas, hospitales, asociaciones, hoteles, restaurantes, municipios, clientes Vitro y centros de disposición de desechos a lo largo del País, así como múltiples programas internos en sus centros de trabajo.

Para llevar a cabo el reciclaje Vitro cuenta con cuatro plantas, para fabricar 1.000 kg. de vidrio se necesitan 1240 kg. de materias primas.



Figura 9. Botellas para Reciclar

HIERRO

Los artículos de acero son reciclables íntegramente y al utilizar la materia prima en vez de hierro virgen para producir latas, se ahorra un 60% de energía y se reduce en más del 80% la contaminación del agua, consecuentemente se contribuye a no agravar el Cambio Climático.

De acuerdo a cifras manejadas por la Agencia de Protección Medioambientales de Estados Unidos (EPA), cuando los electrodomésticos de acero se reciclan se logran resultados como:

- 74% de ahorro de energía en los procesos de producción
- 90% de ahorro en el uso de minerales vírgenes
- 97% de reducción de residuos mineros
- 88% de reducción de emisiones contaminantes al aire
- 76% de reducción de emisiones contaminantes al agua
- 97% de reducción en la generación de residuos sólidos



Figura 10. Reciclaje de artículos de acero

En resumen, se trata de:

- Evitar la generación de residuos, tanto desde los hogares como desde las industrias. Los procesos industriales deben minimizar la producción de envases y embalajes u otros que no son reutilizables ni reciclables y que simplemente se convierten en basura.
- Cuando lo anterior no es factible, reducir los residuos reutilizados o reciclando la mayor cantidad posible.
- Tratar los residuos sobrantes para minimizar su impacto en el medio ambiente.
- Y como última opción, disponer lo restante en rellenos sanitarios adecuados.

2.6 ELABORACION DE COMPOSTA

La palabra Composta viene del latín componer (juntar). La definición más aceptada de compostaje es “La descomposición biológica aeróbica (en presencia de aire) de residuos orgánicos en condiciones controladas”.

“El compostaje es un proceso controlado para conseguir la transformación de un residuo orgánico en un producto estable, aplicable como mejorador de suelo”

El compostaje es una opción de tratamiento que no ha sido suficientemente explotada. Es un tratamiento biológico por medio del cual se oxidan y/o descomponen subproductos de origen orgánico para dar lugar a la composta, la cual sirve como mejorador de suelos además de disminuir sustancialmente el volumen de los residuos.⁸

La materia orgánica una vez separada de otros materiales puede ser sometida a diferentes procesos de oxidación a bajas temperaturas o fermentación en donde se descomponen las proteínas, carbohidratos y grasa en ella contenidas con el fin de producir composta y utilizarse como abono orgánico y/o como material para recuperar suelos.

Tan sólo en 2005, en México se produjeron un total de 35.5 millones de toneladas de basura de las cuales aproximadamente 18.0 millones de toneladas estuvieron constituidas por la basura orgánica lo que representa más del 50% y las restantes 17.0 millones de toneladas lo constituyeron la basura no orgánica; esta situación se agrava porque cada año la basura aumenta en cantidad y en volumen.

La solución que se está dando actualmente en la mayoría de los estados de la República a la basura orgánica, es la de concentrar y transportar la basura a los rellenos sanitarios a cielo abierto que se encuentran cercanos a las zonas urbanas y en los cuales la basura entra rápidamente en proceso de descomposición y con ello genera graves problemas de contaminación ambiental tanto en el aire como en la tierra y ponen en riesgo los mantos freáticos cercanos a las zonas de los rellenos sanitarios; a todo esto debemos sumar que por la enorme cantidad de contaminación que genera, un relleno sanitario impacta directamente en la salud de la población, siempre encontrará una fuerte oposición para su instalación y su vida útil es muy corta.

En la actualidad solamente un pequeño porcentaje de esta basura se está reciclando industrialmente, o empleando en la cría de animales, elaboración de harinas, pienso líquido, generación de energía, reuso, elaboración de jabones, presentes, etc. o transformándose en composta. Él composteo no es la única alternativa al manejo de desechos de carácter orgánico existiendo otras formas de manejo de carácter biológico como el vermicompostaje.

Debido a la gran cantidad de microorganismos presentes en la composta, no solo se le ha utilizado como mejorador de suelo sino que también se le han encontrado otras aplicaciones, ya sea como biofiltro, como complemento en técnicas de biorremediación, prevención de enfermedades, y aplicación en forma de “te”.

Las primeras plantas de compostaje en México se construyeron a finales de la década 1960 y principios de la década 1970. Estas plantas generaron grandes expectativas; los objetivos de los promotores en esa época eran similares a los que se tienen hoy en día: recuperar materias primas para la industria de reciclaje, prolongar la vida útil de los sitios de disposición final, y mejorar la calidad de vida de los pepenadores.

Durante 2005, el INEGI realizó una investigación cuyos resultados proporcionaron información relevante, la cual indicaba que solamente en la zona centro del país (estados de México, Morelos y el Distrito Federal) existían 61 plantas que operaban o había operado. Sin embargo, lo anterior no refleja por completo la realidad del resto del país puesto solo se tomó en cuenta una parte del territorio y no su total, aunque se espera que la situación sea similar.



Figura 11. Elaboración de Composta

2.7 PLANTAS DE COMPOSTAJE

La mayor parte de las plantas de compostaje son operadas por organismos públicos municipales, seguidos por instituciones educativas. El Gobierno del Distrito Federal opera la Planta de Compostaje más grande de la República Mexicana, la planta de Bordo Poniente, ubicada en el antiguo Lago de Texcoco dentro del territorio del Estado de México EM. Las delegaciones del DF que cuentan con una Planta de Compostaje operan en predios asignados por cada delegación. Las otras plantas de compostaje de la Ciudad de México son administradas por instituciones de educación superior o centros educativos. Tal es el caso de las plantas de la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Los Centros de Educación Ambiental cuentan con pequeñas plantas de compostaje y ofrecen talleres de capacitación a escuelas secundarias y grupos especializados.

En el Estado de México la mayoría de las plantas de compostaje son operadas por sus respectivos organismos municipales. También hay casos en donde se establece una cooperación entre alguna institución social u organización no gubernamental y el municipio.

De las 23 t producidas se vendieron 11 t a los agricultores a \$1000 (MX) la tonelada. Se estima que cada tonelada de composta producida cuesta \$1238 (MX). El resto de este producto se utiliza en el vivero. El ayuntamiento paga los sueldos de los trabajadores, \$10630 (MX) mensuales y adquiere la maquinaria y las herramientas solicitadas por el responsable de la planta. La planta no cuenta con conexión eléctrica, el agua proviene del escurrimiento de nieve y se guarda en una cisterna de 60 m3.



Figura 12. Planta de compostaje

2.8 ASPECTOS ECONÓMICOS Y COMERCIALES

La composta se vende a \$1000 (MX) por tonelada. Aproximadamente 8000 costales son almacenados en la planta. La composta se vende a agricultores, y a otros municipios, y se regala a la población para uso en sus jardines. Los empleados ganan \$2600 (MX) al mes. La Planta de Compostaje está totalmente financiada con el presupuesto otorgado por el ayuntamiento.

La composta se intercambia con base en \$1200 (MX) la tonelada aunque, por razones fiscales no se puede vender, por lo que los clientes pagan en especie, con donación de equipos o herramientas. Las donaciones son principalmente a particulares. El costo de producción se estima en \$400 (MX) por tonelada. Los empleados ganan entre \$2400 (MX) y \$5600 (MX) al mes. La municipalidad paga los sueldos y participa en la compra de maquinaria.

2.9 DISPOSICION E INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La incineración es el proceso en el que los materiales expuestos son oxidados hasta temperaturas que oscilan entre 600 y 1,200°C y una duración de una a dos horas, dependiendo de la tecnología y el combustible aplicado.

En México esta práctica es muy común en la industria cementera, donde existe una tendencia internacional a sustituir combustibles convencionales por residuos con alto valor energético y se lleva a cabo principalmente con subproductos como la madera, llantas, químicos, aceites, solventes, etc.

La incineración se usa para reducir hasta en un 90% el volumen de residuos a través de diversos procesos térmicos controlados y bajo estrictos parámetros de emisiones, que especialmente deben vigilar la emisión de dioxinas y furanos. En ciertas instalaciones las paredes de los incineradores están recubiertas por tubos a través de los cuales fluyen corrientes de agua que aprovechan la energía térmica para producir vapor o electricidad. Los polvos como resultado de la purificación de gases requieren una disposición final como residuo peligroso.

Los principales productos emitidos en estos incineradores son materiales particulares, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc; en cantidades variables, dependiendo de la naturaleza de los materiales incinerados y del combustible utilizado.

La incineración es rentable, solo para residuos con alto valor calorífico y para que sea viable, requiere el aprovechamiento energético del calor y vapor.

En esta tecnología la legislación del país presenta barreras para privilegiar cualquier otro tipo de tratamiento por encima de la incineración ya que la incineración debe ser usada como última opción.

Además, en la sociedad en general la opinión en cuanto al uso de este tipo de tratamiento no es favorable, lo cual por supuesto tiene serias implicaciones políticas que impiden el progreso e implantación de esta tecnología en el país; por lo tanto, se considera que seguirá siendo limitada su aplicación al tratamiento de residuos peligrosos y hornos cementeros principalmente.

En plena discusión sobre los efectos del cambio climático y sus plazos, la gente tiene que saber que la incineración de residuos provoca un aumento masivo del consumo de energía en el mundo y los científicos sostienen que el reciclaje ahorra más energía que la que produce esta tecnología obsoleta, que encima es mucho más costoso y muy peligrosa para la salud de los colindantes a las incineradoras.

La incineración genera un aumento del consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero. Allí donde se pone una incineradora no se recicla, ni se recupera, porque se tiene que alimentar el horno. De 450.000 toneladas cuando está llegando 540.000 toneladas de residuos sólidos urbanos al año al vertedero, por lo que precisaran se quemara toda esa basura para rentabilizar la inversión de más de 200 millones de euros, con lo cual poco margen queda para mejorar las estrategias de prevención de la generación de residuos y los programas de reciclaje y recuperación.

Una planta para procesar 1000 toneladas por día requiere de una inversión de alrededor de 1800 millones de pesos. Los costos de operación y mantenimiento fluctúan entre 300 y 450 pesos por tonelada resultando un costo total de 850 y 900 pesos por tonelada procesada.

Se generan alrededor de 300 pesos de electricidad por tonelada procesada además de entre 20 y 50 pesos por los residuos por cada una de las toneladas.

- Destruye materias primas que son escasas, papel (supone 26% de la basura), plásticos (10% de la basura) con lo implica de despilfarro de recursos naturales.

- Destruye el tejido social y el empleo vinculado al reciclaje, mucho de esto trabajo vinculado a colectivos marginados que ven en este sector unas de las alternativas a la integración laboral.

La incineración distribuye por el aire, el agua y la tierra las sustancias tóxicas presentes en los residuos. La utilización de la atmósfera como un vertedero comportará, en definitiva, la dispersión de contaminantes al medio ambiente y su llegada a través de la cadena trófica a los alimentos y al ser humano.

- Las Incineradoras de basuras suponen un riesgo, comprobado y evidente , para la salud de las personas que viven en el entorno más próximo. Los estudios médicos, con mayor rigor científico, sitúan el aumento de patologías asociadas a la incineración de basuras (gases y residuos).

La incineración de la basura produce gases cargados de dioxinas, furanos y metales pesados, además residuos sólidos de alto contenido tóxico y otros desconocidos. Los metales pesados (mercurio, cadmio), surgidos de la combustión, producen daño permanente en el Sistema Nervioso Central y patologías fetales.

- Las dioxinas y furanos son elementos cancerígenos, es decir, responsables de la producción de cáncer en diversos órganos. Son sustancias muy estables, resistentes a la degradación y que tienden a bioacumularse en el ser humano. No hay niveles tóxicos mínimos inocuos de dioxinas y furanos para el ser humano.

- Los gases producidos por la planta incineradora provocan un aumento de la patología asmática y enfermedad pulmonar, que se agravaría los problemas que ya tenemos miles de asturianos, que tenemos la desgracia de tener en la zona central unos niveles elevados de contaminación del aire.

Tabla 7. Capacidad Instalada para la Incineración de residuos industriales Peligrosos, 1999-2005

Año	Incineración (Ton/año)
1999	22
2000	134,500
2001	19,915
2002	7,008
2003	35,475
2004	13,062
2005	sin dato

FUENTE: Elaborada con base en SEMARNAT

Algunos inconvenientes de la incineración son:

- Altos costos de inversión y de operación
- Sistema de tratamiento de gases complejo. Las cenizas son tóxicas y necesitan un confinamiento especial
- Tiempos largos de preparación y de construcción del proyecto Viable únicamente a gran escala
- Y Rechazo social por la contaminación del aire.

A continuación es importante mencionar que la incineración también presenta beneficios entre los cuales destacan:

Las Plantas permiten la combustión total de los residuos con temperaturas normales de combustión durante todo el proceso en la cámara de sedimentación / vitrificación.

Estas temperaturas garantizan el rompimiento molecular de todos los combustibles y sustancias no ferrosas, pero lo más importante es que esto significa que ni dioxinas ni furanos serán producidos y liberados al ambiente.

Si a lo anterior se le suman los ingresos adicionales por los productos secundarios que se generan como agua purificada, y transformación y venta de las cenizas residuales para la construcción, la recuperación de la inversión puede lograrse en periodos de 3 a 8 años, dependiendo de las condiciones de cada caso.

Esto permite el aprovechamiento energético del orden de 12,000MW/día bajo la premisa de que por cada 1000 toneladas de basura se pueden producir 25 MW/hora.³⁴

México no es ajeno al crecimiento de la población, la globalización y la urbanización que se está llevando en el mundo, pues éste proceso trae consigo un cambio en los hábitos de consumo entre otros (generalmente aumenta).

En las últimas décadas el país ha sufrido profundos cambios sociales y económicos (pues ha pasado de ser una economía cerrada en 1980 a una en transición en 1990 y finalmente a una economía abierta en 1994) la población del país se ha sextuplicado, la esperanza de vida se ha duplicado, y el nivel de vida y la industrialización han progresado generalmente teniendo como polo a las ciudades que por su puesto han cobrado cuenta de los recursos naturales y en general al medio ambiente.

2.10 DISPOSICION FINAL

La disposición final de Residuos Sólidos Urbanos debe ser realizada de tal forma que sus emisiones no provoquen daños al medio ambiente. Eso se alcanza tomando medidas de ingeniería combinadas con medidas de pre-tratamiento, cuya finalidad es el mejoramiento de las condiciones de la disposición. Para tomar la decisión más acertada es necesario considerar las alternativas tecnológicas existentes.

El principal tipo de tratamiento que se da a los residuos en México, es la disposición de los mismos en 3 tipos de sitios identificados: Rellenos Sanitarios (también conocidos como Sitios Controlados), Rellenos de Tierra Controlados (a veces incluidos en la literatura también como Sitios Controlados) y Tiraderos a Cielo Abierto (que son los Sitios No Controlados).⁵

Las condiciones económicas del país han limitado la asignación de recursos financieros para el manejo de los residuos sólidos en general y para la disposición final en particular, esto como resultado de que normalmente las autoridades municipales dan preferencia a otro tipo de obras y servicios que consideran de mayor prioridad por lo anterior, el apoyo y asignación de recursos a este sector ha sido reducido.

2.11 RELLENO SANITARIO

Es una obra de infraestructura que, aplica métodos de ingeniería para evitar la contaminación del suelo, agua y aire que provoca la basura.¹³ Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales. (NOM-083-SEMARNAT-2003).

Debido a las características particulares del territorio mexicano, la quema de residuos sólidos urbanos a cielo abierto, es una práctica que todavía es relativamente común. Se realiza en lugares en donde no se cuenta con un sistema de recolección de residuos periódico, y representa un mecanismo de generación de GEI. La cantidad de sitios existentes (Rellenos Sanitarios+Rellenos de Tierra Controlados en el país para 1995 fue de 91 y para 2005 de 118, aproximadamente un 20% más de lo presentado en 1995; cabe destacar que el número de los Tiraderos a Cielo Abierto es desconocido, pues es sumamente complicado de estimar y por lo mismo las autoridades oficiales no presentan ningún dato al respecto.

En la Tabla 9 se puede apreciar la evolución de la disposición de los residuos dispuestos durante el periodo de 1995-2005, donde se observa como la cantidad de residuos dispuesta en los Rellenos Sanitarios ha aumentado de 1995 a 2005 poco más de 3 veces, en cambio la cantidad depositada en los Tiraderos a Cielo Abierto ha disminuido prácticamente a la mitad.

En el caso de los sitios Rellenos de Tierra Controlados la cantidad de residuos ha aumentado tan solo 1.5 veces, lo que evidencia una tasa de crecimiento mucho menor en comparación con los Rellenos Sanitarios.

Tabla 8. Formas de manejo y sus impactos al ambiente.

Edad años	Tiradero a cielo abierto	Rellenos Sanitario
	200	60
Contaminación de Aire	Si	Si
Contaminación de Agua	Si	Si
Contaminación de suelo	Si	Si
Flama	No	Si
Cenizas	No	No
Dioxinas	No	No
Furanos	No	No
Lixiviados	Si	Si
Generación de metano	Si	Si
Generación eléctrica	No	Si
Tiempo estimado/generar	No	7 a 9 años
Consumo de Gas	No	No
Consumo de Agua	No	No
Temperatura de operación	Ambiente	Ambiente
Residuos contaminantes	Si	Si

FUENTE: Elaborada con base en SEDESOL y SEMARNAT

Tabla 9. Capacidad Instalada en los Sitios de Disposición de RS Municipales en México, 1995-2005

Año	Sitios Controlados	Sitios No Controlados
	Capacidad (Ton)	Capacidad (Ton)
1995	8,507,000	21,283,600
1996	11,179,000	20,027,200
1997	11,927,470	17,344,930
1998	16,884,630	13,665,870
1999	16,936,140	14,015,860
2000	16,912,280	13,820,720
2001	18,604,560	12,884,040
2002	19,210,770	12,962,830
2003	21,140,300	11,775,400
2004	22,305,160	12,296,840
2005	23,504,064	11,879,036

FUENTE: Elaborada con base en SEDESOL y SEMARNAT.

En la actualidad en el ámbito nacional el 64% de los residuos se depositan en 104 Rellenos Sanitarios y 23 Sitios Controlados, siendo municipales 49% de los Rellenos; 18% regionales; y 33% son operados por la iniciativa privada (INEGI, 2008). La recolección de Residuos Sólidos ha venido incrementándose y por ende la cantidad de sitios legales e ilegales también.

En la tabla 10 se muestra la cantidad de residuos recolectados durante el periodo 1996-2005.

Tabla 10. Sitios de Disposición Final en México, 1996-2005

Año	Recolección (Ton/año)
1996	22,371,300
1997	22,539,800
1998	25,854,900
1999	26,194,700
2000	26,009,300
2001	26,648,800
2002	27,669,300
2003	28,636,600
2004	30,106,700
2005	31,257,400

FUENTE: Elaborada con base en SEDESOL y SEMARNAT.

Para 1994, cuatro ciudades se encontraban en etapa de construcción y 31 ciudades tenían proyectos ejecutivos para la construcción de rellenos.

Estas últimas abarcaban centros urbanos que aglutinaban entre 18,334 habitantes en Veracruz, y hasta 94,3041 ciudadanos en el caso extremo de León, Guanajuato. Las 31 ciudades con este proyecto sumaban cerca de 7.5 millones de personas.

En la tabla 11 se presenta el registro de rellenos sanitarios del INEGI (censó 2005).

Tabla 11. Rellenos sanitarios por entidad federativa, 2005.

No.	Entidad federativa Estados Unidos Mexicanos	Rellenos sanitarios
1	Aguascalientes	1
2	Baja California	2
3	Baja California Sur	1
4	Campeche	1
5	Coahuila de Zaragoza	5
6	Colima	2
7	Chiapas	3
8	Chihuahua	3
9	Distrito Federal	1
10	Durango	3
11	Guanajuato	6
12	Guerrero	2
13	Hidalgo	2
14	Jalisco	2
15	México	3
16	Michoacán de Ocampo	1
17	Morelos	3
18	Nayarit	2
19	Nuevo León	5
20	Puebla	14
21	Querétaro Arteaga	6
22	Quintana Roo	2
23	San Luis Potosí	2
24	Sinaloa	3
25	Sonora	4
26	Tabasco	1
27	Tamaulipas	4
28	Tlaxcala	6
29	Veracruz de Ignacio de la Llave	4
30	Yucatán	1
TOTAL		95

FUENTE: INEGI. Con base en SEDESOL. DGOT. Subdirección de Asistencia Técnica a Organismos Operadores Urbanos

Para el 2008, ya se reportan 104 Rellenos Sanitarios.

Relleno Sanitario

100 Opera conforme al proyecto de norma NOM-083-SEMARNAT-2003. Se considera que cumple con parámetros de distancias, sistemas de impermeabilización, sistema de captación y manejo de lixiviados, cobertura y monitoreo, y manejo de biogás.

75 Operan como relleno sanitario, cumpliendo al menos con un 75% del proyecto de Norma referida. Sitio controlado con cobertura de residuos.

50 Opera como relleno sanitario, sin control eficiente de lixiviados y biogás.

25 Sitios controlados con cierta frecuencia en la cobertura de residuos.

0 Tiradero a cielo abierto sin control.

Una reciente investigación sobre el desempeño en el manejo de los residuos sólidos, realizada por la Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental, en más de 100 ciudades con una población superior a 100,000 habitantes, señala que:

Ningún sitio de disposición final cumple al 100% con la Normatividad Vigente (NOM-Semarnat-083-2003).

Los residuos se confinan en el menor espacio posible, cubriéndose con tierra, empleando maquinaria pesada. No se controlan los procesos de degradación de la basura

Lo anteriormente descrito es un indicador de las carencias en infraestructura ambiental en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos que enfrenta nuestro país.¹⁵

3. ANTECEDENTES

Los rellenos sanitarios en México son usados como método de disposición final de los residuos sólidos.

En México alrededor del 57% de los residuos sólidos municipales se depositan en rellenos sanitarios. Los datos disponibles del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el periodo de 1996 a 2006 muestran un aumento de la disposición de residuos en rellenos en todo el país en los últimos años.³

En los rellenos sanitarios las bacterias descomponen la materia orgánica. Uno de los productos tanto de la descomposición bacteriana, como de la oxidación de los residuos sólidos, es el gas de relleno sanitario o biogás, que está compuesto por metano (CH_4) y Bióxido de Carbono (CO_2) en concentraciones casi iguales, así como por menores cantidades de nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y otros gases. Si no se recolecta y destruye, con el tiempo, este gas se libera a la atmósfera. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología encargado de elaborar los inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, los rellenos sanitarios representaron el 24% del total de emisiones de CH_4 en el 2002. Las emisiones de GEI por esta categoría, en CO_2 equivalente, tuvieron un incremento de 96% respecto a 1990, como resultado del incremento de la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios.⁴

Existe una gran incertidumbre con respecto a la cantidad real de emisiones fugitivas de metano de los rellenos sanitarios.

4. JUSTIFICACION

Los trabajos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) han determinado la influencia de las actividades humanas en el calentamiento global, fundamentalmente debido a la emisión de gases de invernadero (GI). Uno de éstos es el metano (CH_4), generado en la degradación de la materia orgánica presente en los residuos sólidos municipales (RSM), bajo condiciones anaerobias. Los países signatarios del Protocolo de Kyoto han elaborado inventarios nacionales de generación de GI; México entre otros, ha estimado el volumen de generación de metano en rellenos sanitarios, sin que exista una interpretación o análisis sobre la cifra obtenida, lo que representa una carencia de información sobre el fenómeno para los interesados y responsables de reducir las aportaciones por este gas y esta fuente en particular.

En este sentido las emisiones por el sector de Residuos juegan un papel preponderante a nivel nacional y se consideran como una de las fuentes clave para la cual es necesario estimar escenarios futuros sobre su comportamiento, así como una oportunidad para la aplicación de opciones de mitigación.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Reconocer el problema de la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) provenientes del manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) , establecer posibles alternativas entre ellas el reuso y realizar una evaluación del metano un gas muy dañino que se generan de la Disposición y tratamiento de residuos sólidos.

6.OBJETIVOS

6.1 Objetivo General.

Evaluación de la Emisión de Metano y Dióxido de Carbono que se generan de la disposición y tratamiento de Residuos Sólidos Municipales.

6.2 Objetivos Particulares.

- Establecer Estrategias de Mitigación para el manejo de Residuos Sólidos Municipales.

7. METAS

Desarrollar hojas de cálculo en Excel para determinar la Generación de Metano y Dióxido de Carbono generados por los Residuos Sólidos Municipales.

8. METODOLOGIA

El manejo de los residuos es un sistema compuesto de varias etapas en las que cada una de estas se interrelacionan entre sí de tal manera que lo que afecta a una necesariamente impacta al resto, por lo que cualquier medida que se tome habrá que valorarla en términos de las repercusiones al sistema como un todo.

Se tomo como base la Metodología del IPCC Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático y con ayuda de un especialista: Iván Oropeza Pérez. Maestro en Energía de la UAM se realizó una hoja de cálculo de fácil uso.³⁵

Para obtener la información resultante sobre las emisiones que se generarán del año 2030 al 2050 se desarrolló un modelo basado en población, generación de Residuos Sólidos per-cápita, generación total de Residuos Sólidos, así como otras fuentes de referencia a futuro partiendo de los datos periodo 1995-2005. Con la información anterior fue posible determinar una tasa de crecimiento para la generación de residuos de 3.5 por ciento anual sobre el periodo 2000-2030.

Se analizaron los indicadores de la situación y se establecieron las opciones de mitigación más apropiadas para el sector residuos sólidos.

Posteriormente para realizar la proyección se utilizaron datos de población y vivienda reportados por el INEGI y el Producto Interno Bruto (PIB) de 3.5.⁵ para los años 2030 y 2050.

8.1 ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

El manejo de residuos sólidos municipales presenta varias opciones de disminución de GEI, sin embargo son 4 las que nos pueden dar resultados más significativos.

El reciclaje, puede disminuir emisiones en la etapa de manufactura y al mismo tiempo se incrementa el secuestro de carbono, así como también se evitan las emisiones provenientes de los rellenos sanitarios.

El Relleno Sanitario, la disposición es la causa principal de la generación de los GEI, se puede usar recuperación de los gases emitidos y estos pueden ser quemados ó utilizados para generar energía con lo cual también se desplaza a la energía generada por combustibles fósiles.

La composta, se procesan residuos de alimentos, jardines y parques; las emisiones netas de GEI por los residuos alimenticios son más bajos en comparación con los rellenos sanitarios y a su vez las emisiones netas por residuos de parques y jardín son más altas que en los rellenos sanitarios. Sin embargo en general dada la incertidumbre del análisis los factores de emisión de la composta son similares.

La incineración, presenta recuperación de energía, con lo cual se desplaza la generación de energía con combustibles fósiles y al mismo tiempo se disminuyen las emisiones del subsector (incineración) además de evitarse las emisiones por Rellenos Sanitarios. Las emisiones netas de incineración de residuos mezclados son menores que su disposición en rellenos sanitarios.

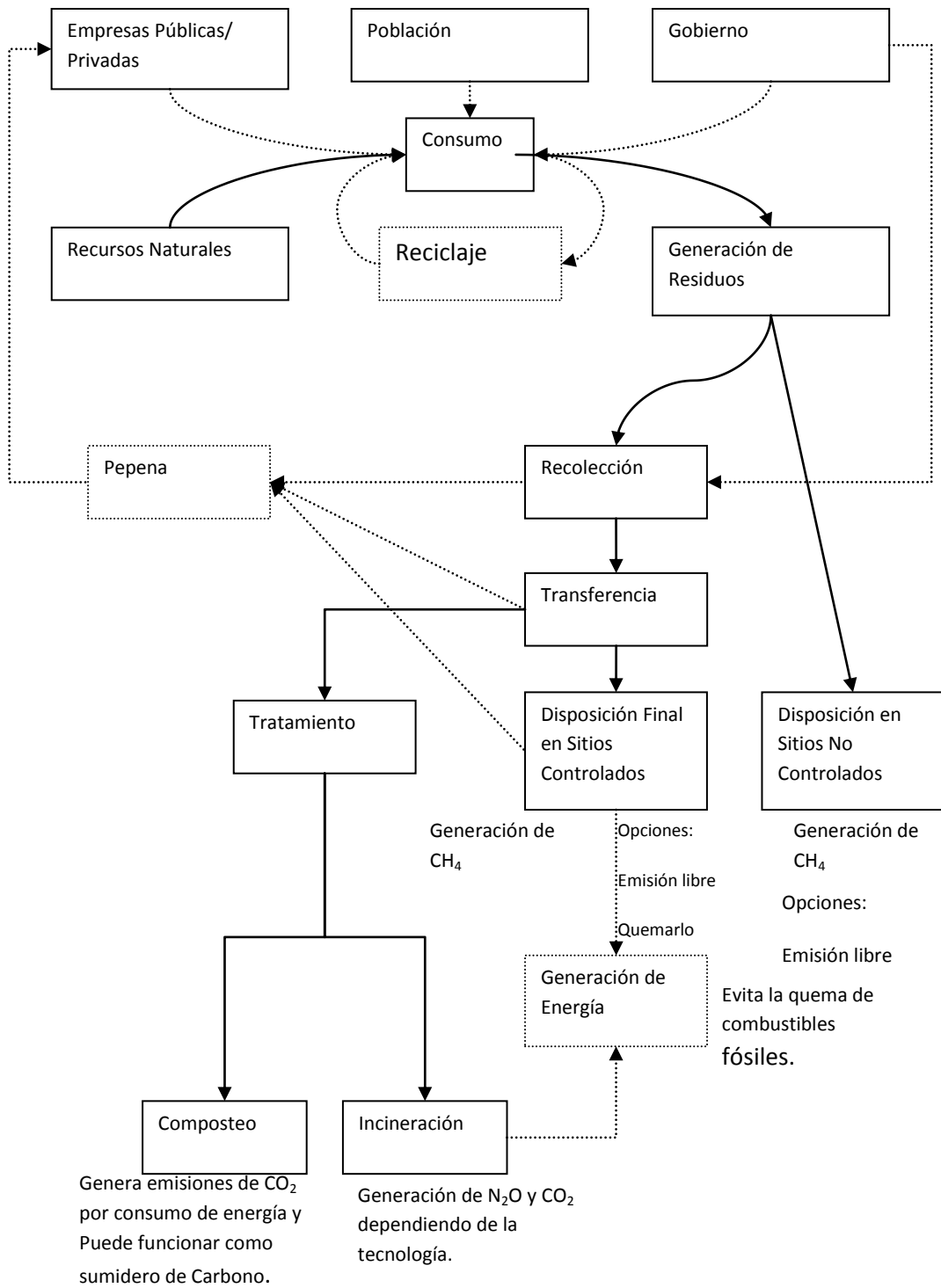


Figura 13. Diagrama de flujo, del ciclo de la basura.

8.2 SUPOSICIONES PARA EL ANÁLISIS

Para cada estrategia se asumió un escenario de crecimiento PIB de 3.5 % desde el año 2030 al 2050. Los datos para los cálculos se enlistan en las tablas correspondientes.

La basura que se generó en la República Mexicana en el 2007 (Reporte de la INEGI 2008) fue de: 102,402.78 toneladas de basura/día (36 865 000 toneladas/año). Se consideró que la generación per cápita es de 860 g/persona/día y 2.83 kg./vivienda/día. Una familia de 4 miembros que en conjunto generen 4 kg., diarios, arrojaría a la basura de \$ 1,320.00 a \$3,500.00 pesos/MN por mes para su servicio de limpia (depende del nivel socioeconómico).

La tabla 12, muestra el resumen de los datos utilizados para la estimación de las emisiones de metano y mitigación de CO₂, se incluyó, el porcentaje en toneladas de basura que se está dejando de tirar. Costos en función de las toneladas que se dejan de utilizar, en toda la República Mexicana.

Tabla 12. Consideraciones tomadas para 4 escenarios base.

Unidades	Relleno Sanitario	Incineración	Compostaje	Reciclaje
ton/día	55,985	107.38	472.37	12,859
%	64	0.12	0.54	14.7
Costo \$ MN/día	8173810	85904	541336	2571800
Costo \$USD	588043.88	6180.14	110887.48	185021.58

Tomando en consideración que la moneda nacional estaba a 13.9 pesos con respecto al dólar, el día 23 de noviembre de 2008.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya se mencionó en capítulos previos, México se enfrenta a grandes retos en el manejo de sus residuos sólidos. Durante la década de los años cincuenta, el índice de generación per cápita promedio era del orden de 300 gr/día. Sin embargo, debido a los cambios en los patrones de consumo de la población, el acelerado proceso de urbanización, las modificaciones tecnológicas y los procesos globales en el comercio, entre otros aspectos, se incrementó y modificó de manera sustancial los volúmenes en la generación y la composición de los residuos sólidos urbanos. Así, la generación de la basura per cápita creció a 0.919 gramos en el año 2007.

El estudio de proyección de la generación de residuos sólidos 2005-2020 hechos por CONAPO, 2006 coincide con los cálculos hechos por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en el presente año, ya que ambas instituciones han calculado que en el 2020 se tendrán 46 millones de toneladas de basura tal como se puede ver en la tabla 13.

Tabla 13. Proyección de la Generación de Residuos Sólidos 2008-2050.

Periodo	Millones Tonelada Basura
2008	34.53
2009	35.37
2010	36.24
2011	37.13
2012	38.04
2013	38.98
2014	39.93
2015	40.91
2016	41.92
2017	42.95
2018	44.00
2019	45.08
2020	46.19
2021	47.32
2022	48.48
2023	49.67
2024	50.89
2025	52.14
2026	53.42
2027	54.73
2028	56.08
2029	57.45
2030	58.86
2031	60.31
2032	61.79
2033	63.31
2034	64.86

2035	66.45
2036	68.08
2037	69.75
2038	71.47
2039	73.22
2040	75.02
2041	76.86
2042	78.75
2043	80.68
2044	82.66
2045	84.69
2046	86.77
2047	88.90
2048	91.08
2049	93.32
2050	95.61

Fuente: Proyección de residuos sólidos 2005-2050 por CONAPO

En la figura 14 y en la tabla 13 se muestra la proyección de los residuos sólidos con respecto al tiempo. Según las estadísticas se espera que en el 2030, se generen 58 millones de toneladas de basura y para el 2050 probablemente se generen 95 millones de toneladas de basura.

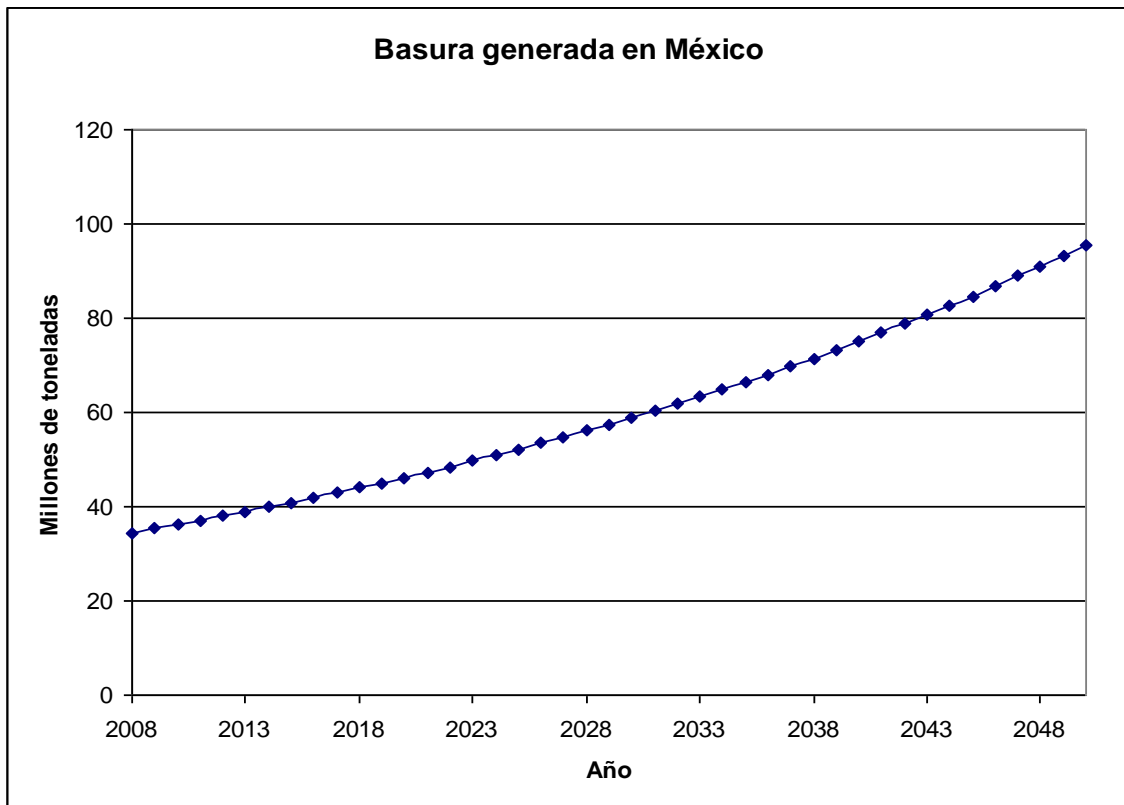


Figura 14 .Relación de la Generación con respecto al tiempo años
Fuente. Proyección de población 2005 – 2030 CONAPO

Según Proyecciones de Población, 2005-2030 (CONAPO) mientras que en el 2007 la generación de residuos sólidos fue de 36 865 000 toneladas/año, la población aumentó, en el mismo periodo cerca de 106 millones de habitantes, en la figura 15 se muestra la relación de la generación de residuos sólidos y el crecimiento poblacional, proyectados del 2030 hasta el 2050. Como se puede apreciar en el primer caso se espera tener una población cercana a los 120 millones de habitantes, mientras que la proyección de basura será de un poco menos de los 60 millones, en el año 2050 la población puede tener un ligero aumento, sin embargo la generación de residuos sólidos puede incrementarse hasta un poco menos de los 100 millones de toneladas, lo cual se va aproximando a crecimiento poblacional (ver figura 15).

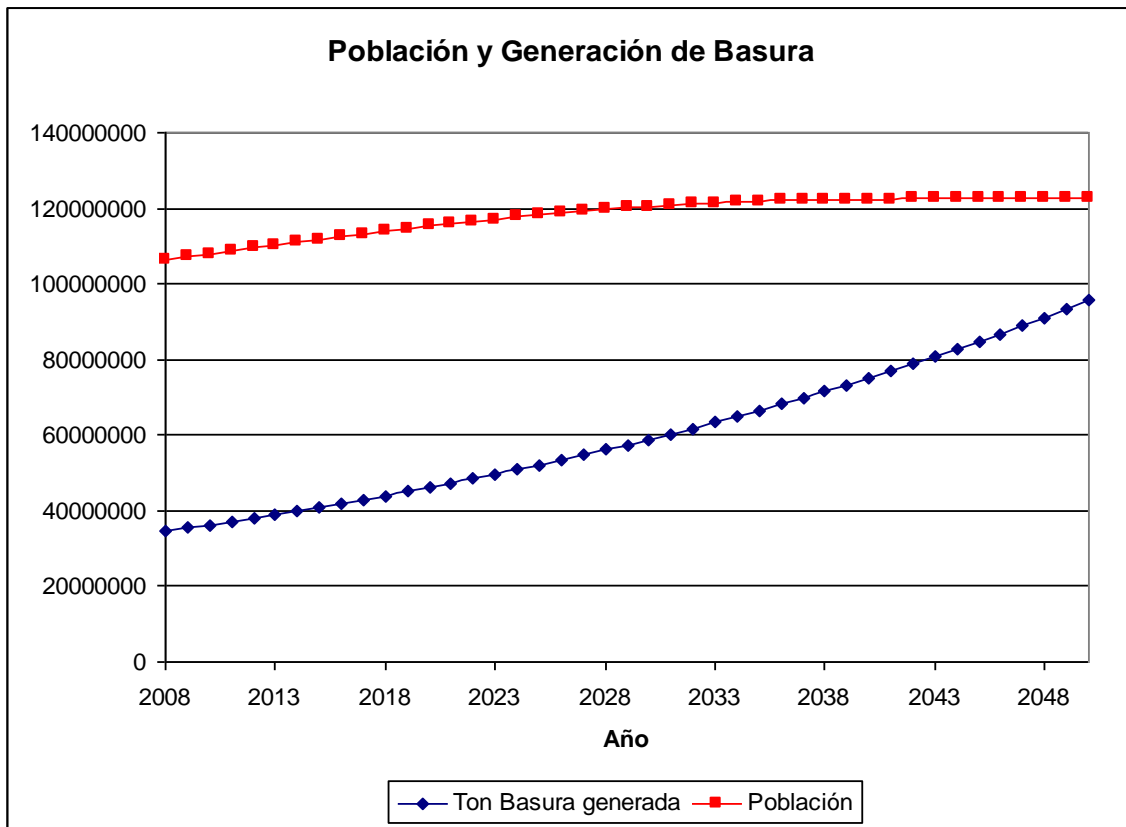


Figura 15. Resultados de la generación de basura y crecimiento poblacional con respecto al tiempo.
Fuente. Proyección de población 2005 – 2030 CONAPO

La generación de residuos sólidos urbanos continuará incrementándose de acuerdo con las proyecciones de población del Consejo Nacional de Población (CONAPO), y un crecimiento estimado en la generación por habitante del 1 por ciento anual, determinado en función de datos de la SEDESOL. Las proyecciones presentadas permiten visualizar la situación que deberá enfrentar el país en los próximos años, y pueden dar la pauta sobre el tipo y dimensión de las acciones a desarrollar a mediano y largo plazos.

En la tabla 14, se ordenan los diferentes sitios de disposición final según porcentaje de uso, el escenario base de crecimiento empleado fue de PIB, a 3.5 %.

Tabla 14. Sitios de disposición final en un escenario base de 3.5 % PIB.

Periodo	Millones de toneladas	Relleno sanitario	Relleno controlado	Cielo abierto
2008	58.19	55.54%	11.46%	33.00%
2009	59.62	55.78%	11.62%	32.59%
2010	61.08	56.03%	11.79%	32.18%
2011	62.58	56.27%	11.96%	31.76%
2012	64.12	56.52%	12.14%	31.35%
2013	65.69	56.76%	12.32%	30.93%
2014	67.30	57.00%	12.50%	30.50%
2015	68.96	57.23%	12.69%	30.08%
2016	70.65	57.47%	12.88%	29.65%
2017	72.38	57.70%	13.07%	29.22%
2018	74.16	57.94%	13.27%	28.79%
2019	75.98	58.17%	13.48%	28.35%
2020	77.84	58.39%	13.69%	27.92%
2021	79.76	58.62%	13.91%	27.47%
2022	81.71	58.84%	14.13%	27.03%
2023	83.72	59.06%	14.35%	26.58%
2024	85.77	59.28%	14.59%	26.13%
2025	87.88	59.49%	14.83%	25.68%
2026	90.04	59.70%	15.07%	25.22%
2027	92.25	59.91%	15.33%	24.76%
2028	94.51	60.11%	15.59%	24.30%
2029	96.83	60.31%	15.86%	23.83%
2030	99.21	60.51%	16.12%	23.37%
2031	101.64	60.71%	16.39%	22.90%
2032	104.14	60.91%	16.65%	22.44%

2033	106.69	61.11%	16.92%	21.97%
2034	109.31	61.31%	17.19%	21.50%
2035	112.00	61.51%	17.45%	21.04%
2036	114.75	61.71%	17.72%	20.57%
2037	117.56	61.91%	17.98%	20.11%
2038	120.45	62.11%	18.25%	19.64%
2039	123.41	62.31%	18.51%	19.18%
2040	126.43	62.51%	18.78%	18.71%
2041	129.54	62.71%	19.05%	18.25%
2042	132.72	62.91%	19.31%	17.78%
2043	135.98	63.11%	19.58%	17.31%
2044	139.31	63.31%	19.84%	16.85%
2045	142.73	63.51%	20.11%	16.38%
2046	146.24	63.71%	20.37%	15.92%
2047	149.83	63.91%	20.64%	15.45%
2048	153.50	64.11%	20.91%	14.99%
2049	157.27	64.31%	21.17%	14.52%
2050	161.13	64.51%	21.44%	14.05%

Fuente: CONAPO. Con base en SEDESOL

En la figura 16, se muestran las proyecciones de los diferentes sitios de disposición ya mencionados, se puede observar que la cantidad de basura que se va a depositar en un relleno sanitario, prácticamente se mantiene constante hasta el 2030 y va a incrementarse un poco en el 2050. Con respecto al tiradero a cielo abierto, según los resultados se espera, hasta un 20 % la disposición y se incrementen un poco los rellenos controlados.

La cantidad de sitios existentes: Rellenos Sanitarios + Rellenos de Tierra Controlados (RS + RTC) en el país para 1995 fue de 91 y para 2005 de 118, aproximadamente un 20% más de lo presentado en 1995; cabe destacar que el número de los Tiraderos a Cielo Abierto (TCA) es desconocido, pues es sumamente complicado de estimar y por lo mismo las autoridades oficiales no presentan datos al respecto.

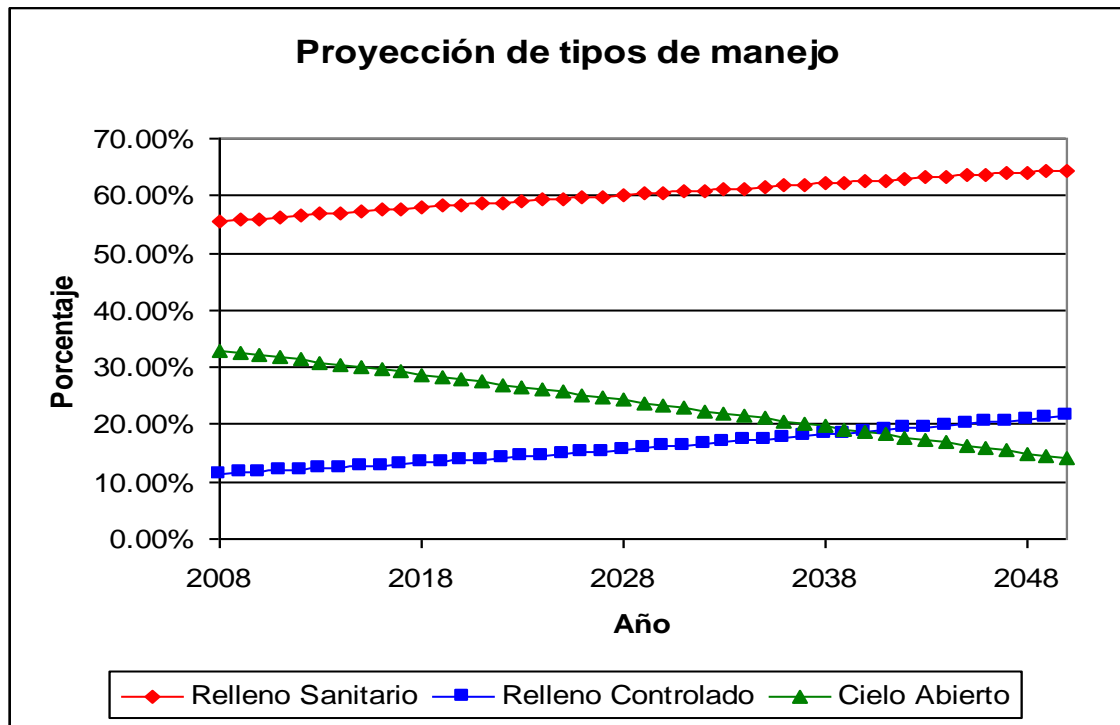


Figura 16. Proyección del manejo de la basura por tipo de manejo.
Fuente:CONAPO. Con base en SEDESOL

En la tabla 15. Se muestran los resultados de los cálculos de los factores de emisión de gas metano por tipo de disposición final.

Tabla 15. Resultados del factor de emisión por tipos de disposición final

Periodo	Factor emisión relleno sanitario	Factor emisión relleno controlado	Factor emisión cielo abierto
2008	0.057	0.009	0.013
2009	0.057	0.010	0.013
2010	0.057	0.010	0.013
2011	0.057	0.010	0.013
2012	0.058	0.010	0.013
2013	0.058	0.010	0.013
2014	0.058	0.010	0.012
2015	0.058	0.010	0.012
2016	0.059	0.011	0.012
2017	0.059	0.011	0.012
2018	0.059	0.011	0.012
2019	0.059	0.011	0.012
2020	0.060	0.011	0.011
2021	0.060	0.011	0.011
2022	0.060	0.012	0.011
2023	0.060	0.012	0.011
2024	0.061	0.012	0.011
2025	0.061	0.012	0.010
2026	0.061	0.012	0.010
2027	0.061	0.013	0.010
2028	0.061	0.013	0.010
2029	0.062	0.013	0.010
2030	0.062	0.013	0.010
2031	0.062	0.013	0.009
2032	0.062	0.013	0.009
2033	0.063	0.013	0.009

2034	0.063	0.014	0.009
2035	0.063	0.014	0.009
2036	0.063	0.014	0.009
2037	0.064	0.014	0.008
2038	0.064	0.014	0.008
2039	0.064	0.015	0.008
2040	0.064	0.015	0.008
2041	0.065	0.015	0.008
2042	0.065	0.015	0.007
2043	0.065	0.015	0.007
2044	0.065	0.015	0.007
2045	0.065	0.016	0.007
2046	0.066	0.016	0.007
2047	0.066	0.016	0.007
2048	0.066	0.016	0.006
2049	0.066	0.016	0.006
2050	0.067	0.016	0.006

En la figura 17 se puede observar que en los rellenos sanitarios las emisiones de gas metano va a aumentar ligeramente los primeros años hasta el 2030 prácticamente se va a mantener constante y en el 2050 se puede presentar un aumento de 0.01. Por lo que respecta al Relleno Controlado, se observa lo mismo hasta el 2030 y un ligero aumento en el 2050 de 0.007. En el caso de los tiraderos a cielo abierto se espera que se tenga una disminución en lugar de un incremento.

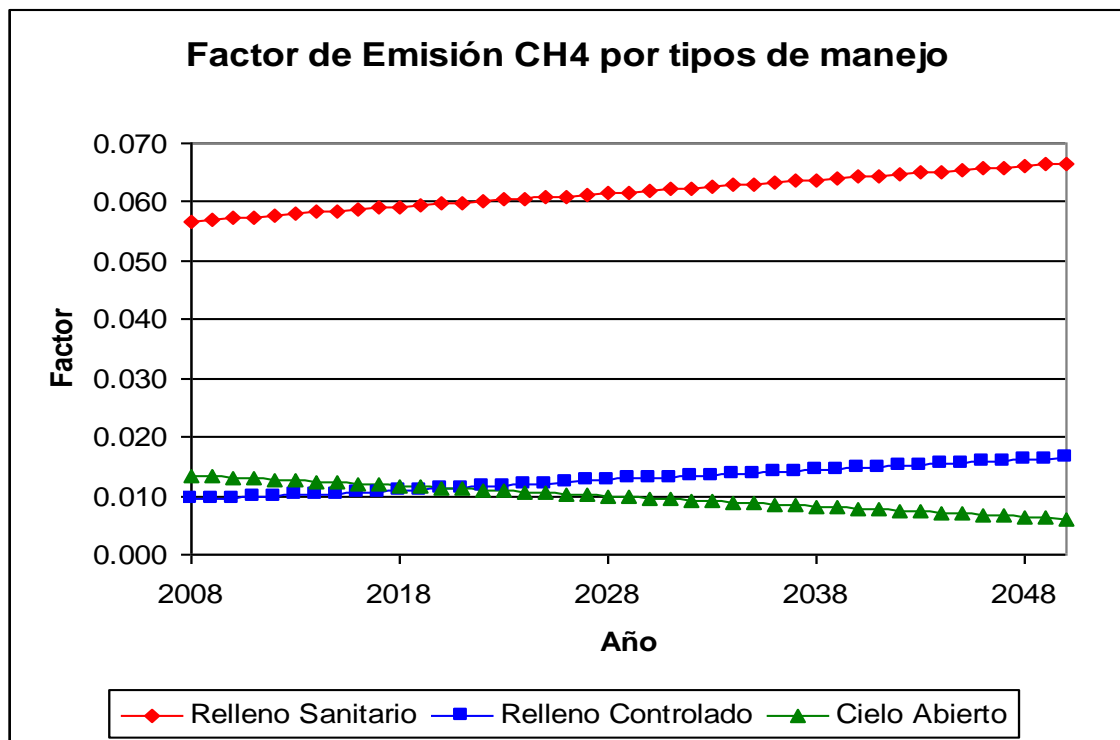


Figura 17. Factor de emisión de CH₄ por tipo de manejo.

En la figura 18 se puede observar que en los rellenos sanitarios las emisiones de CO₂ va a estar aumentando casi al doble de la producción actual del 2030 al 2050 se puede tener un incremento en su producción de hasta 4 veces más que la producción actual. Por lo que respecta al Relleno Controlado se va a mantener constante y en los tiraderos a cielo abierto se espera que se tenga una disminución.

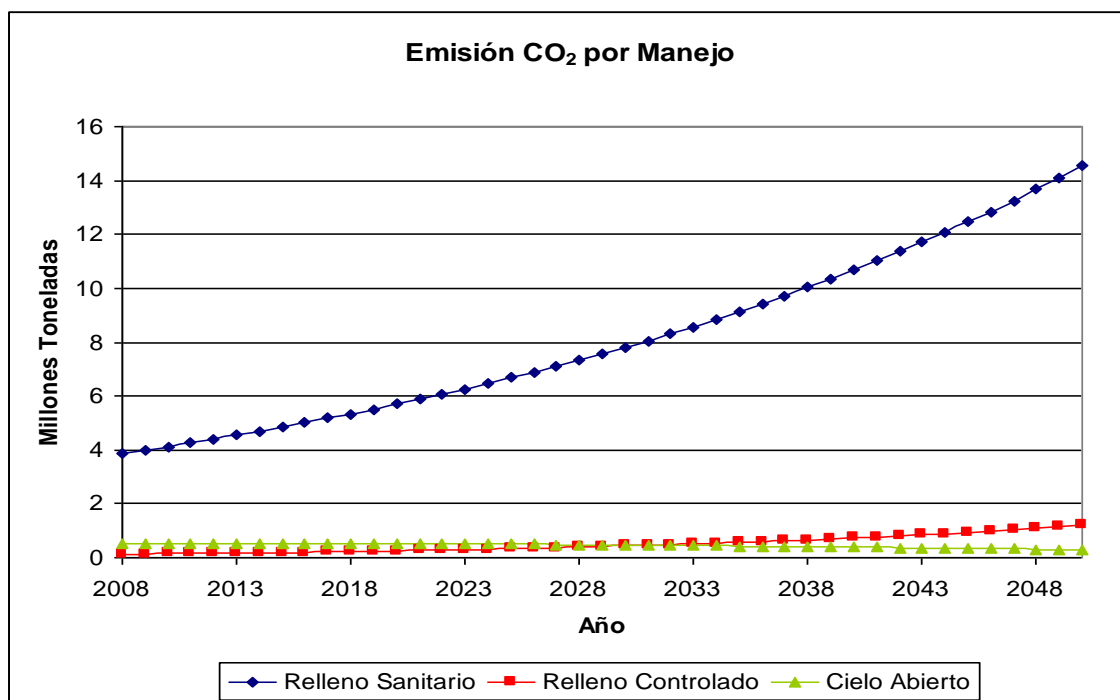


Figura 18. Emisión de CO₂ millones de toneladas por tipo de manejo con respecto al tiempo.

Con respecto a las emisiones de CH₄ y CO₂. Se muestran los cálculos para el mismo escenario base, en la tabla 16.

La figura 19 muestra un incremento de casi el doble de la producción de metano para el 2030 y para el 2050 la producción de metano se incrementará tres veces más de la producción del presente año, con respecto al relleno controlado y el tiradero a cielo abierto aparentemente se mantiene constante, se observa un ligero incremento para el 2050.

Como se puede observar en la tabla 16 y figura 20 los resultados de las emisiones de CO₂, muestran que de 45 millones de toneladas de CO₂, que se tiene a la fecha como producción total de los 3 tipos de disposición final, para el año 2030 se espera el doble de emisiones y se volvería a doblar nuevamente para el 2050 su producción llegando a ser esta de 160 millones de toneladas.

Paradójicamente la transición de un tiradero a cielo abierto a un relleno sanitario implica una mayor generación de CH₄ ya que se favorecen las condiciones para su generación además de que no permite la quema de basura por parte de los pepenadores es por eso que al pensar en dicha transición se deben incluir opciones como el reciclaje, el composteo y en ciertos casos incineración entre otras.

Tabla 16. Resultados de los cálculos de producción de CH₄ y CO₂, en 3 sitios de disposición final Escenario Base 3.5 % PIB.

Periodo	Ton CH ₄ relleno sanitario	Ton CH ₄ relleno controlado	Ton CH ₄ cielo abierto	Total ton CH ₄	Total Ton CO ₂ equivalente Millones
2008	1,833,774.97	62,457.48	258,974.03	2,155,206.48	45.26
2009	1,895,436.14	65,841.93	258,777.43	2,220,055.50	46.62
2010	1,959,025.59	69,421.72	258,460.74	2,286,908.05	48.03
2011	2,024,592.62	73,209.35	258,020.38	2,355,822.35	49.47
2012	2,092,186.85	77,218.27	257,452.75	2,426,857.87	50.96
2013	2,161,858.12	81,462.96	256,754.21	2,500,075.29	52.50
2014	2,233,656.39	85,958.98	255,921.08	2,575,536.46	54.09
2015	2,307,631.62	90,723.12	254,949.69	2,653,304.42	55.72
2016	2,383,833.58	95,773.47	253,836.29	2,733,443.34	57.40
2017	2,462,311.76	101,129.57	252,577.15	2,816,018.48	59.14
2018	2,543,115.10	106,812.56	251,168.49	2,901,096.15	60.92
2019	2,626,291.87	112,845.31	249,606.50	2,988,743.69	62.76
2020	2,711,889.38	119,252.61	247,887.37	3,079,029.36	64.66
2021	2,799,953.73	126,061.33	246,007.26	3,172,022.32	66.61
2022	2,890,529.54	133,300.69	243,962.30	3,267,792.53	68.62

2023	2,983,659.60	141,002.49	241,748.61	3,366,410.69	70.69
2024	3,079,384.51	149,201.32	239,362.30	3,467,948.13	72.83
2025	3,177,742.26	157,934.98	236,799.46	3,572,476.71	75.02
2026	3,278,767.81	167,244.74	234,056.17	3,680,068.71	77.28
2027	3,382,492.49	177,175.76	231,128.49	3,790,796.74	79.61
2028	3,488,943.48	187,777.56	228,012.51	3,904,733.56	82.00
2029	3,598,143.16	199,104.51	224,704.29	4,021,951.96	84.46
2030	3,718,436.37	207,538.91	222,578.14	4,148,553.42	87.12
2031	3,836,687.29	218,971.80	219,346.46	4,275,005.55	89.78
2032	3,958,600.15	230,935.07	215,994.94	4,405,530.17	92.52
2033	4,084,285.85	243,450.20	212,523.91	4,540,259.97	95.35
2034	4,213,858.60	256,539.44	208,933.87	4,679,331.91	98.27
2035	4,347,435.99	270,225.85	205,225.52	4,822,887.36	101.28
2036	4,485,139.12	284,533.36	201,399.78	4,971,072.26	104.39
2037	4,627,092.68	299,486.75	197,457.80	5,124,037.23	107.60
2038	4,773,425.05	315,111.73	193,400.97	5,281,937.75	110.92
2039	4,924,268.42	331,434.92	189,230.95	5,444,934.29	114.34
2040	5,079,758.92	348,483.92	184,949.64	5,613,192.49	117.88
2041	5,240,036.69	366,287.35	180,559.25	5,786,883.30	121.52
2042	5,405,246.03	384,874.84	176,062.29	5,966,183.16	125.29
2043	5,575,535.50	404,277.11	171,461.58	6,151,274.19	129.18
2044	5,751,058.08	424,525.96	166,760.28	6,342,344.33	133.19
2045	5,931,971.27	445,654.37	161,961.90	6,539,587.54	137.33
2046	6,118,437.20	467,696.49	157,070.33	6,743,204.02	141.61
2047	6,310,622.83	490,687.67	152,089.85	6,953,400.36	146.02
2048	6,508,700.03	514,664.57	147,025.14	7,170,389.75	150.58
2049	6,712,845.75	539,665.13	141,881.33	7,394,392.22	155.28
2050	6,923,242.17	565,728.65	136,664.01	7,625,634.82	160.14

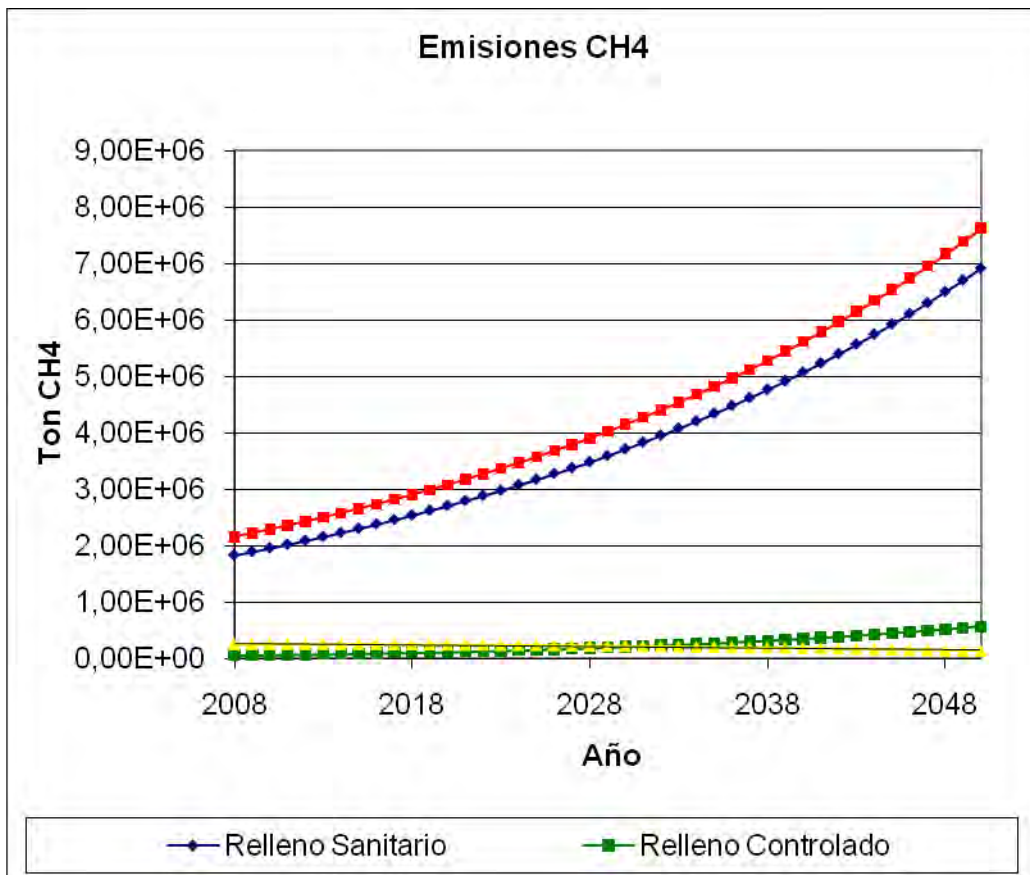


Figura 19. Emisiones de metano por tipo de manejo, escenario Base 3.5 % PIB.

Por lo que respecta a la figura 20. Se observa que la producción de CO₂ Será el doble para el 2030 y se incrementará 4 veces más su producción en el 2050.

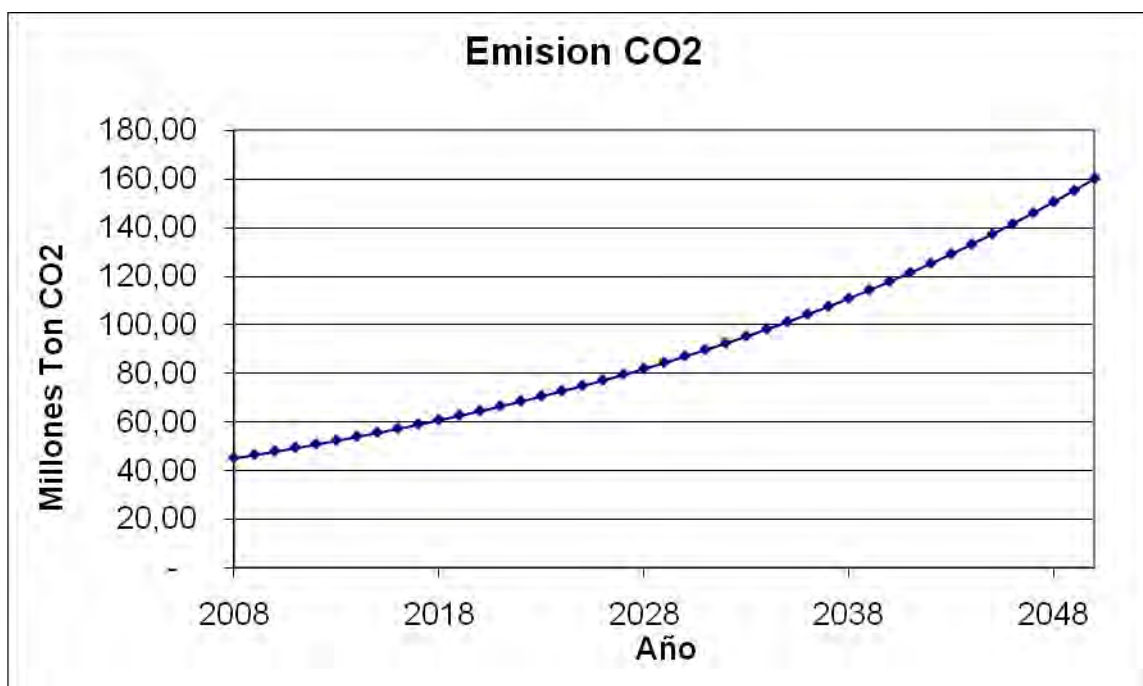


Figura 20. Emisiones de CO₂ con respecto al tiempo por Escenario Base 3.5 % PIB.

Para disminuir la emisión de GEI, se recomienda evitar la disposición final de materiales orgánicos o combustibles en rellenos sanitarios aceptando solamente la de materiales inertes, por lo que sería recomendable que en los rellenos sanitarios se favorezca la captación de biogás para poder aprovecharlo con las diferentes opciones existentes.

Entre las posibilidades para el aprovechamiento del biogás antes de que se vaya a formar parte de los gases de efecto invernadero, se encuentra la generación de vapor, la generación de energía mecánica, turbinas de gas y generación de electricidad pero si no existieran las condiciones para aprovecharlo se debe considerar la opción de captarlo y quemarlo considerando que el CO₂ generado en la combustión es menos agresivo que el CH₄ en el contexto de gases de efecto invernadero.

Para disminuir las emisiones tan grandes de CH₄ y CO₂ se analizaron cada una de las medidas de mitigación que se propusieron en un inicio.

9.1 RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

1ra. medida de mitigación: Reciclaje, para un escenario 3.5%. Del total de desechos sólidos en México, el 16.1% se pudo reciclar en 2008. De acuerdo a los estudios realizados, se puede aumentar 0.1% anual este método y así reducir las emisiones de GEI. Los resultados de esta medida de mitigación se muestran en la tabla 17 y figura 21.

Tabla 17. Proyección del proceso de reciclaje de residuos sólidos 2008-2030.

Año	Porcentaje de reciclaje	Millones de toneladas
2008	16.1%	5.56
2009	16.2%	5.73
2010	16.3%	5.91
2011	16.4%	6.09
2012	16.5%	6.28
2013	16.6%	6.47
2014	16.7%	6.67
2015	16.8%	6.87
2016	16.9%	7.08
2017	17.0%	7.30
2018	17.1%	7.52
2019	17.2%	7.75
2020	17.3%	7.99
2021	17.4%	8.23
2022	17.5%	8.48
2023	17.6%	8.74
2024	17.7%	9.01
2025	17.8%	9.28
2026	17.9%	9.56
2027	18.0%	9.85
2028	18.1%	10.15
2029	18.2%	10.46
2030	18.3%	10.77

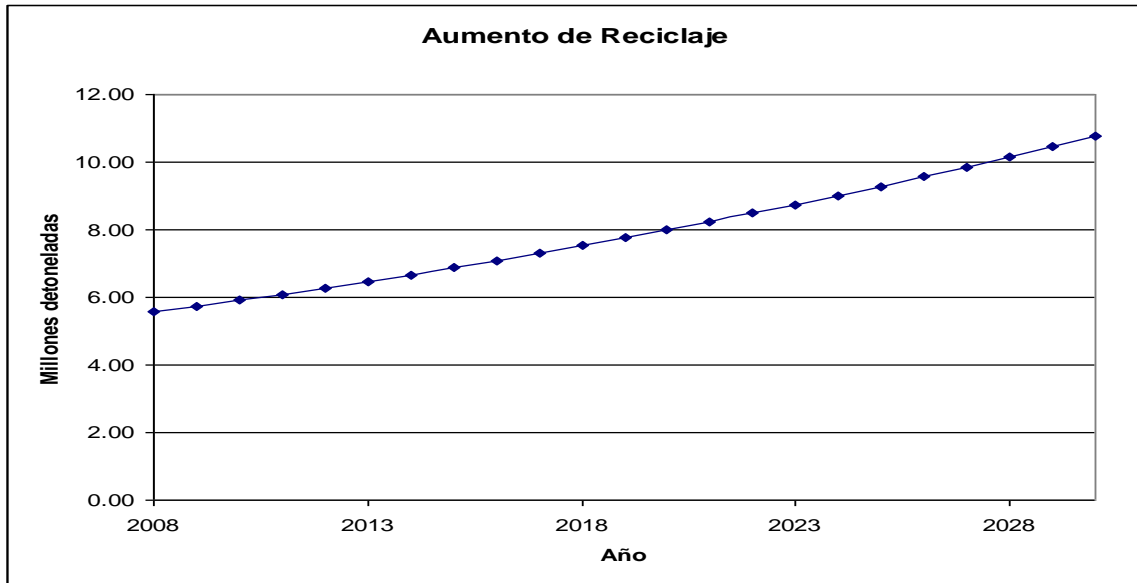


Figura 21. Proyección del proceso de reciclaje con respecto al tiempo

La medida de mitigación indica que al crecer el reciclaje (figura 22), disminuirán las emisiones de CO₂. Para que esto se pueda llevar a cabo, se necesitarán 14.59 USD por tonelada (ver tabla 18, figura 23).

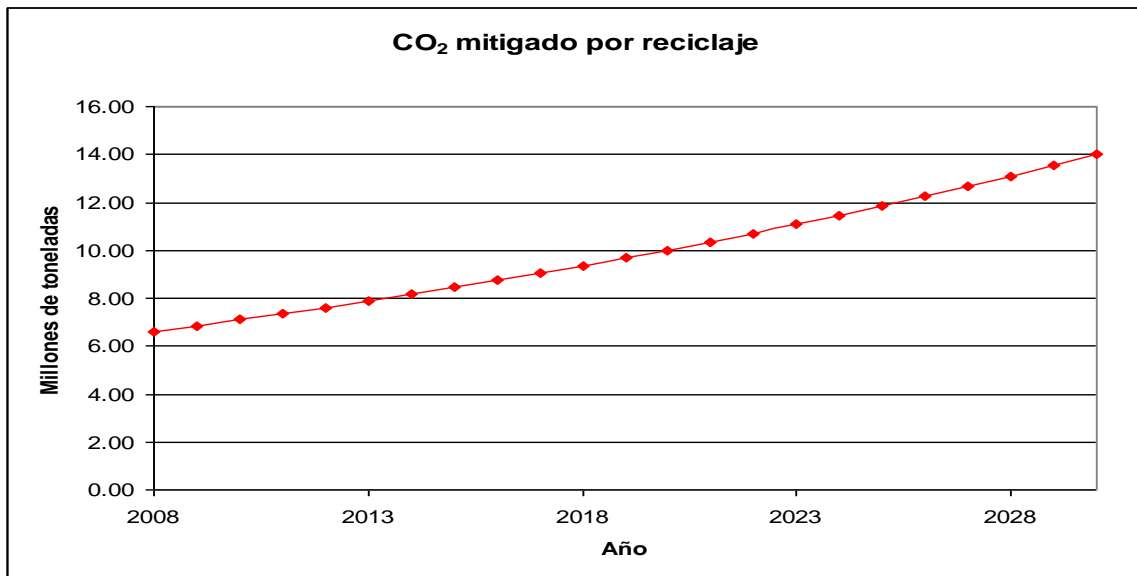


Figura 22. CO₂ mitigación por proceso de reciclaje.

Tabla 18. Resultados de la medida de mitigación por reciclaje.

Año	Factor emisión CH ₄	Millones Toneladas CH ₄ emitidas	Millones de dólares	Millones Ton CO ₂ equivalente mitigados
2008	0.06	0.32	81.10	6.62
2009	0.06	0.33	83.61	6.86
2010	0.06	0.34	86.19	7.10
2011	0.06	0.35	88.85	7.35
2012	0.06	0.36	91.58	7.61
2013	0.06	0.38	94.40	7.88
2014	0.06	0.39	97.30	8.15
2015	0.06	0.40	100.28	8.44
2016	0.06	0.42	103.36	8.73
2017	0.06	0.43	106.52	9.04
2018	0.06	0.45	109.78	9.35
2019	0.06	0.46	113.13	9.68
2020	0.06	0.48	116.58	10.01
2021	0.06	0.49	120.13	10.36
2022	0.06	0.51	123.79	10.71
2023	0.06	0.53	127.55	11.08
2024	0.06	0.55	131.43	11.46
2025	0.06	0.56	135.41	11.85
2026	0.06	0.58	139.52	12.25
2027	0.06	0.60	143.74	12.66
2028	0.06	0.62	148.09	13.09
2029	0.06	0.64	152.56	13.53
2030	0.06	0.67	157.16	14.01

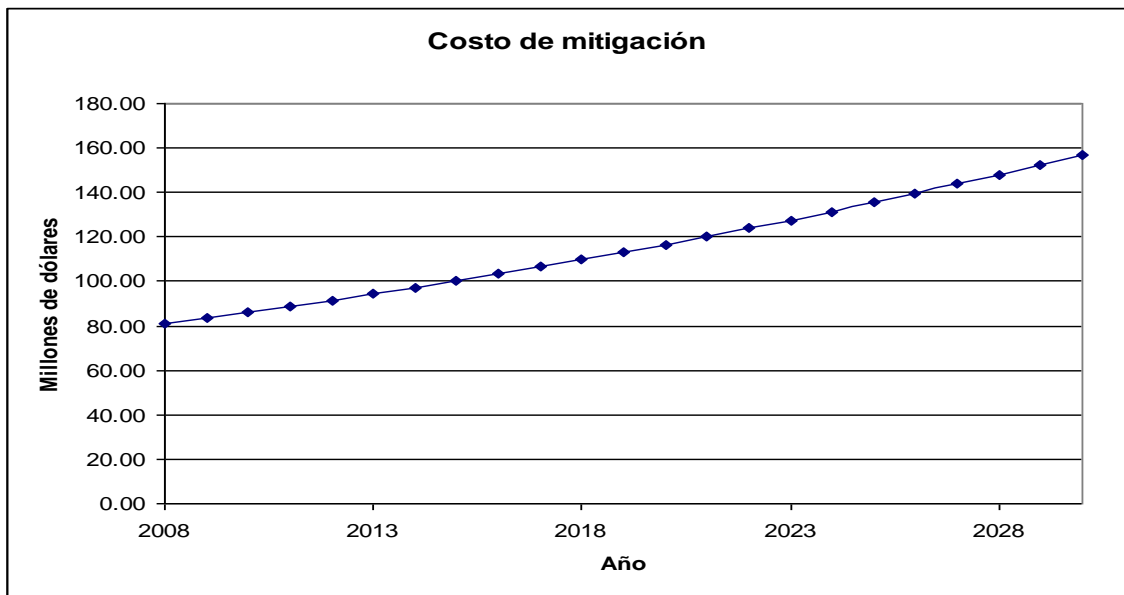


Figura 23. Costos de CO₂ mitigado por proceso de reciclaje con respecto al tiempo.

2da. medida de mitigación: Relleno Sanitario, para un escenario 3.5%.

La captura de metano por medio de los rellenos sanitarios es una de las medidas de mitigación más importantes. Si se considera del total de rellenos sanitarios en el país el metano se quemará para diversos usos, el factor de emisión bajará 21 veces.

Tabla 19. Medida de mitigación: Relleno Sanitario, para un escenario 3.5%.

Año	Porcentaje de relleno sanitario	Millones de toneladas
2008	55.54%	19.18
2009	55.78%	19.73
2010	56.03%	20.31
2011	56.27%	20.89
2012	56.52%	21.50
2013	56.76%	22.12
2014	57.00%	22.76
2015	57.23%	23.42
2016	57.47%	24.09
2017	57.70%	24.78
2018	57.94%	25.49
2019	58.17%	26.22
2020	58.39%	26.97
2021	58.62%	27.74
2022	58.84%	28.53
2023	59.06%	29.34
2024	59.28%	30.17
2025	59.49%	31.02
2026	59.70%	31.89
2027	59.91%	32.79
2028	60.11%	33.71
2029	60.31%	34.65
2030	60.51%	35.62

La figura 24 muestra que la construcción de rellenos sanitarios tiene un aumento lineal y lógicamente conforme aumente la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios, aumentará el depósito de basura por lo que se espera para el 2030 un depósito de 35 millones de toneladas de residuos.

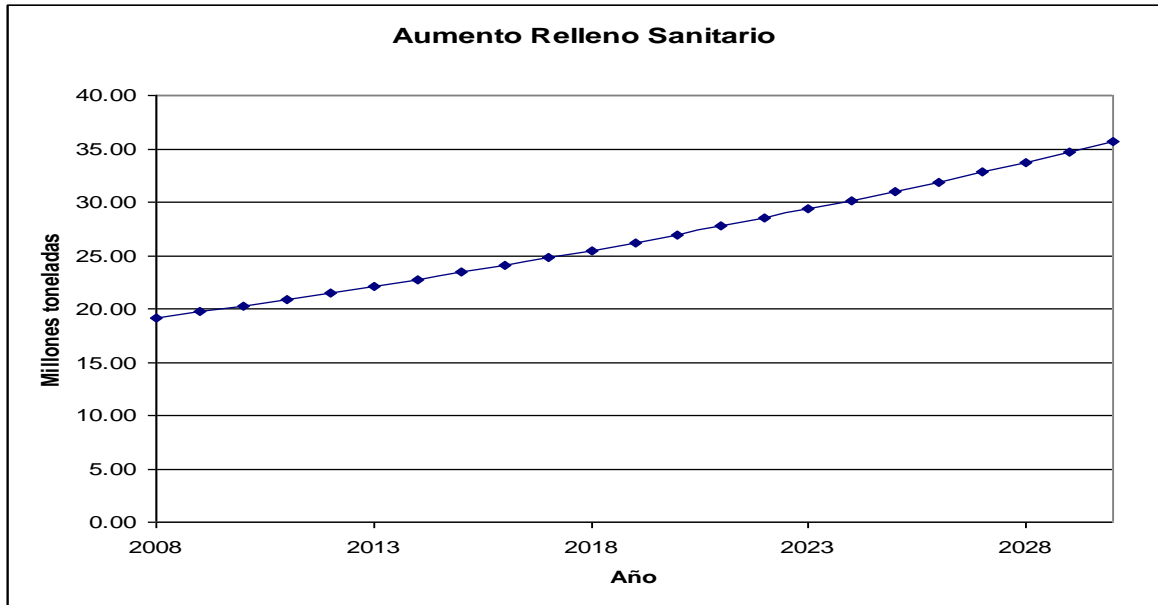


Figura 24. Proyección de rellenos sanitarios con respecto al tiempo.

Si se considera que la tonelada de desecho sólido cuesta 10.65 USD disponerla en un relleno sanitario se tiene los resultados que se muestran en la tabla 20 y figura 25.

Tabla 20. Resultados de la medida de mitigación por disposición de Residuos Sólidos

Año	Factor emisión CH ₄	Millones Toneladas CH ₄ emitidas	Millones de dólares	Millones Ton CO ₂ equivalente mitigados
2008	0.057	1.09	204.22	22.85
2009	0.057	1.12	210.16	23.62
2010	0.057	1.16	216.26	24.41
2011	0.057	1.20	222.53	25.23
2012	0.058	1.24	228.97	26.07
2013	0.058	1.28	235.59	26.94
2014	0.058	1.33	242.40	27.83
2015	0.058	1.37	249.38	28.75
2016	0.059	1.41	256.56	29.70
2017	0.059	1.46	263.93	30.68
2018	0.059	1.51	271.50	31.69
2019	0.059	1.56	279.27	32.72
2020	0.060	1.61	287.24	33.79
2021	0.060	1.66	295.43	34.89
2022	0.060	1.72	303.83	36.02
2023	0.060	1.77	312.45	37.18
2024	0.061	1.83	321.30	38.37
2025	0.061	1.89	330.37	39.59
2026	0.061	1.95	339.68	40.85
2027	0.061	2.01	349.22	42.15
2028	0.061	2.07	359.00	43.47
2029	0.062	2.13	369.02	44.83
2030	0.062	2.21	379.33	46.33

La figura 25 muestra el CO₂ que se puede mitigar usando la medida de un relleno sanitario, se espera que para el 2030, disminuya casi a la mitad de lo que se emite en la actualidad.

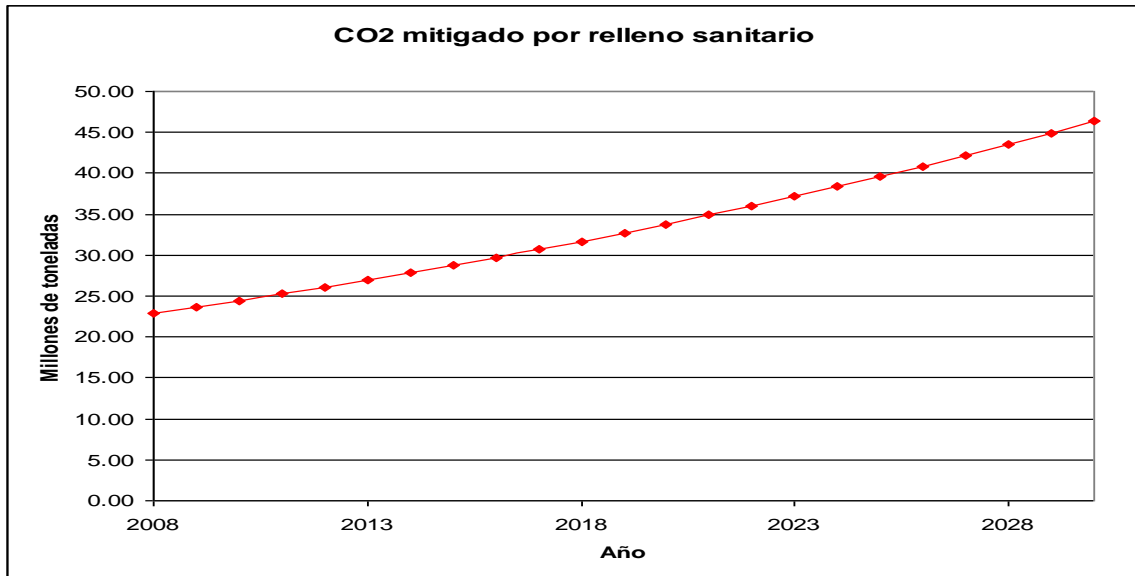


Figura 25. CO₂ mitigado por relleno sanitario

Para tratar un total de 64,460 toneladas de desechos sólidos **en un relleno sanitario**, se necesitan \$9,411, 744. (MN). Así, cada tonelada de basura cuesta \$146.01 tratarla en virtud de que su CH₄ generado no sea expulsado a la atmósfera. Se considera también que el porcentaje de tratamiento con relleno sanitario es el total, o sea, 55.54%. Así, cada año podríamos ver el comportamiento que se presenta en la figura 26.

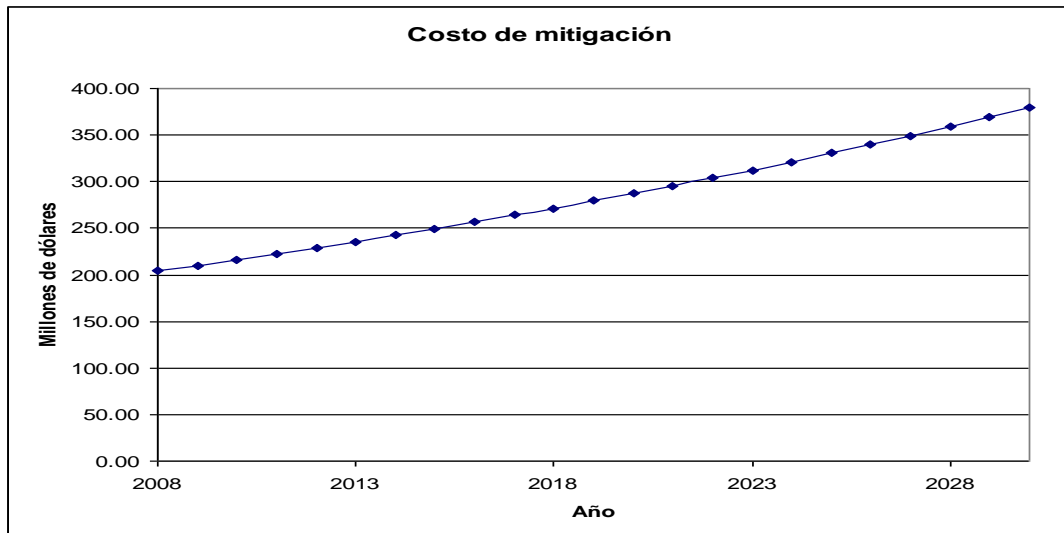


Figura 26. Costos de mitigación, por uso de rellenos sanitarios

3ra. medida de mitigación: Compostaje, para un escenario 3.5%.

Del total de basura generada en la República Mexicana, aproximadamente el 50.4% es basura orgánica, y el 49.6% es inorgánica, y de estos, habría una posibilidad que alrededor del 30% de CH₄ pueda ser descompuesto en CO₂ después de dos meses.

Si se considera entonces que el factor de emisión de CH₄ utilizando composta es equivalente al de si se hubiera ido a un relleno sanitario, en dos meses se ahorraría una emisión de la tercera parte de metano.

Al 2005 el 0.08% del total de desechos sólidos fue tratado como composta. También se sabe que en 2007 el 0.54% del total de desechos sólidos en México terminaron así, esto es 186,462 toneladas. De esta manera se construye una proyección a 2030 para hacer un tratamiento de compostaje con intenciones de mitigación de gas de efecto invernadero. (ver resultados tabla 21 figura 27).

Tabla 21. Cálculos de proyección de la práctica compostaje.

Año	Porcentaje de composta	Millones de toneladas
2008	0.77%	0.29
2009	1.00%	0.38
2010	1.23%	0.48
2011	1.46%	0.58
2012	1.69%	0.69
2013	1.92%	0.80
2014	2.15%	0.92
2015	2.38%	1.05
2016	2.61%	1.18
2017	2.84%	1.31
2018	3.07%	1.45
2019	3.30%	1.60
2020	3.53%	1.75
2021	3.76%	1.91
2022	3.99%	2.08
2023	4.22%	2.25
2024	4.45%	2.44
2025	4.68%	2.62
2026	4.91%	2.82
2027	5.14%	3.03
2028	5.37%	3.24
2029	5.60%	3.46
2030	5.83%	3.69

Como se puede ver en la figura 27, existe la posibilidad de que se instalen nuevos centros donde se procese la materia orgánica y se haga la composta, esperándose para el 2030 un incremento de esta práctica casi hasta un 6 %, con respecto a lo que se está haciendo en el 2008 al respecto.

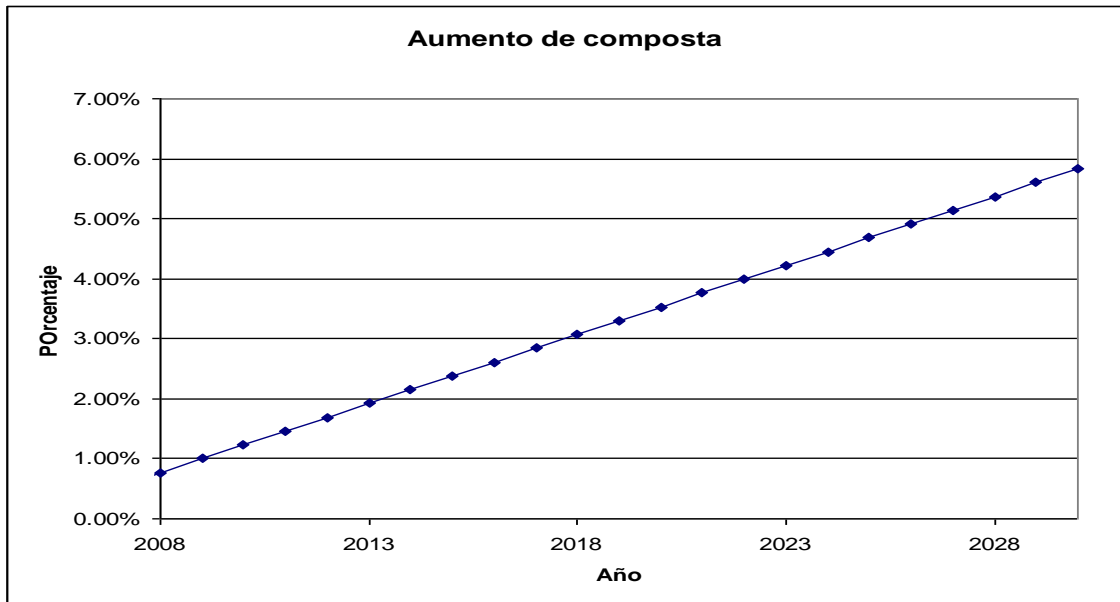


Figura 27. Proyección de la práctica de compostaje al 2030.

Entonces, como medida de mitigación, se tiene que el treinta por ciento de lo que pudo terminar en CH_4 , terminará en CO_2 . Así también, cada tonelada de basura tratada por compostaje cuesta 83.65 USD, por lo tanto se tendrían los resultados que se muestran en la Tabla 22 y figura 28.

Tabla 22. Resultados de la mitigación de CO₂ por la práctica de compostaje.

Año	Factor emisión CH ₄	Millones Toneladas CH ₄ emitidas	Millones de dólares	Millones Ton CO ₂ equivalente mitigados
2008	0.057	0.02	22.23	0.0905
2009	0.057	0.02	29.57	0.1210
2010	0.057	0.03	37.27	0.1531
2011	0.057	0.03	45.32	0.1870
2012	0.058	0.04	53.75	0.2227
2013	0.058	0.04	62.56	0.2604
2014	0.058	0.05	71.78	0.3000
2015	0.058	0.06	81.41	0.3416
2016	0.059	0.06	91.46	0.3854
2017	0.059	0.07	101.97	0.4314
2018	0.059	0.08	112.93	0.4797
2019	0.059	0.09	124.37	0.5304
2020	0.060	0.10	136.30	0.5836
2021	0.060	0.11	148.75	0.6394
2022	0.060	0.12	161.72	0.6978
2023	0.060	0.13	175.24	0.7589
2024	0.061	0.14	189.33	0.8229
2025	0.061	0.15	204.00	0.8899
2026	0.061	0.16	219.28	0.9599
2027	0.061	0.17	235.19	1.0331
2028	0.061	0.18	251.75	1.1096
2029	0.062	0.20	268.97	1.1894
2030	0.062	0.21	286.89	1.2754

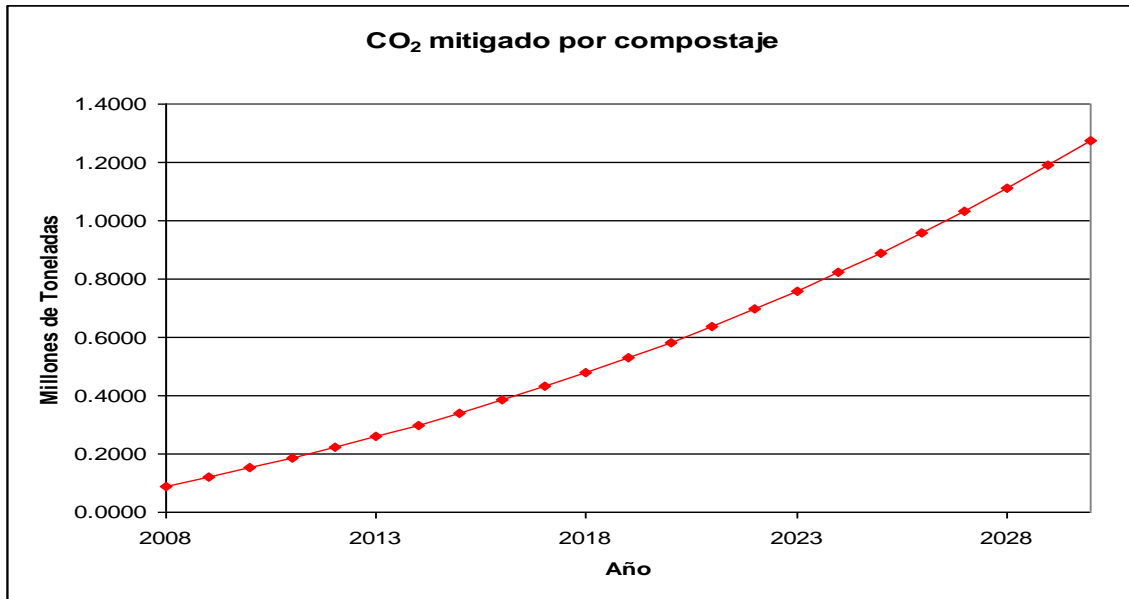


Figura 28. Resultados de mitigación de CO₂ por compostaje con respecto al tiempo.

Los costos de la medida de mitigación por compostaje se muestran en la figura 29.

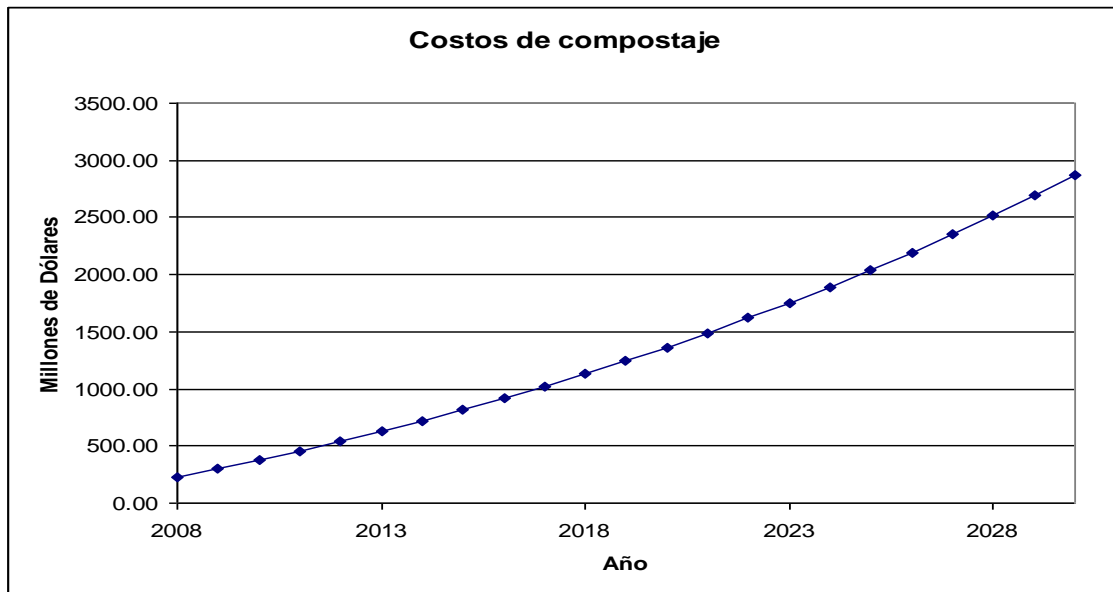
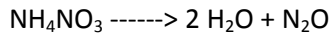
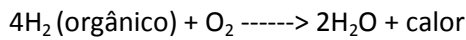
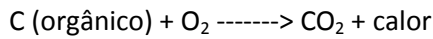


Figura 29. Costos de mitigación de CO₂ por compostaje.

Finalmente se debe resaltar que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático recién aprobó una nueva metodología para cálculo de emisiones evitadas por medio del proceso de compostaje. Esto puede significar una posibilidad interesante para tomar viables proyectos que agreguen esta forma de tratar los residuos orgánicos con la operación de los rellenos sanitarios. Con eso se puede aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios, reducir la generación de lixiviado y evitar las emisiones de metano. Lo que posibilitan ingresos por los CRE.

4ta. medida de mitigación: Incineración, para un escenario 3.5%.

La incineración, como agente de mitigación de gas de efecto invernadero, funciona si se toma en cuenta que en lugar de emitir metano a la atmósfera, se quema y se emite CO₂ y vapor de agua. Bajo condiciones ideales, usando solo la cantidad estequiométrica de O₂ y que este reaccione solo en su estado elemental, los productos gaseosos derivados de la incineración de residuos estarían constituidos por CO₂, H₂O, N₂ y SO₂ en menor cantidad. Las reacciones de combustión (oxidación) que se producirán entre el carbono, el hidrógeno y el azufre contenidos en los residuos y el oxígeno del aire, serían básicamente las siguientes:



Haciendo un análisis, se tenía que en 2005 0.05% del total de la basura era incinerada, en 2007 pasó a 0.12%. Siguiendo esta línea de tendencia se tendrán los resultados que se muestran en la tabla 23 y figura 30.

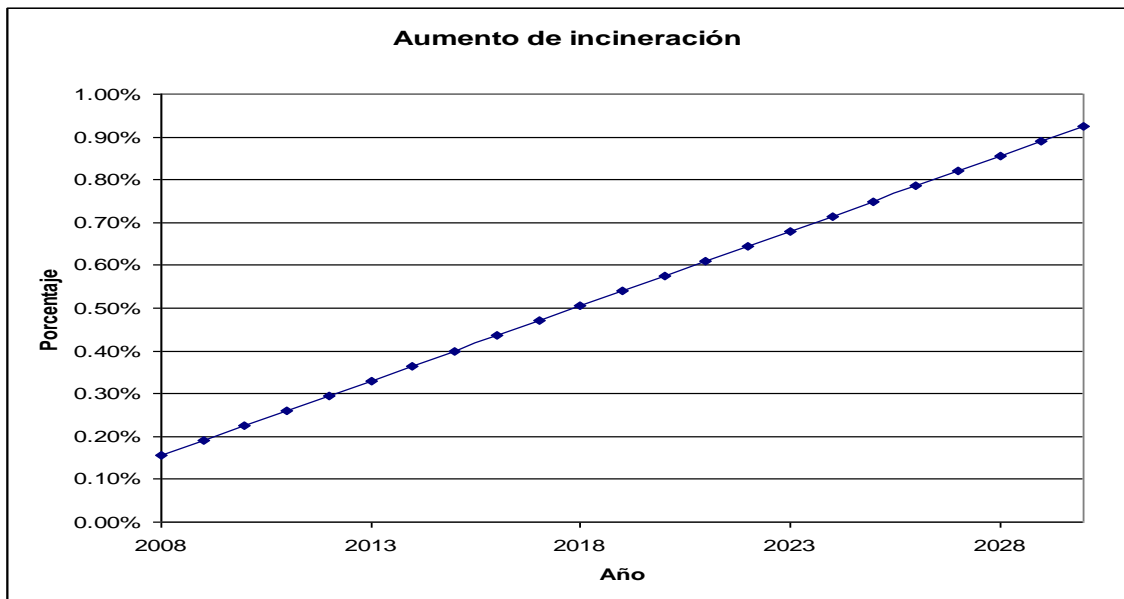


Figura 30. Proyección del proceso de Incineración con respecto al tiempo.

Tabla 23. Proyección de la Incineración con respecto al tiempo.

Año	Porcentaje de incineración	Millones de toneladas
2008	0.16%	0.05
2009	0.19%	0.07
2010	0.23%	0.08
2011	0.26%	0.10
2012	0.30%	0.11
2013	0.33%	0.13
2014	0.37%	0.15
2015	0.40%	0.16
2016	0.44%	0.18
2017	0.47%	0.20
2018	0.51%	0.22
2019	0.54%	0.24
2020	0.58%	0.27
2021	0.61%	0.29
2022	0.65%	0.31
2023	0.68%	0.34
2024	0.72%	0.36
2025	0.75%	0.39
2026	0.79%	0.42
2027	0.82%	0.45
2028	0.86%	0.48
2029	0.89%	0.51
2030	0.93%	0.54

La medida de mitigación será que en lugar de emitir metano a la atmósfera se traten de emitir principalmente CO₂, dejando al N₂O y vapor de agua rezagados. Esto sólo se puede hacer si se tiene un buen control de materiales a incinerar. Para poder realizar esto costaría 583.94 USD por cada tonelada a tratar.

En la tabla 24 y figura 31 se muestran los Resultados de la mitigación de CO₂ por la práctica de incineración.

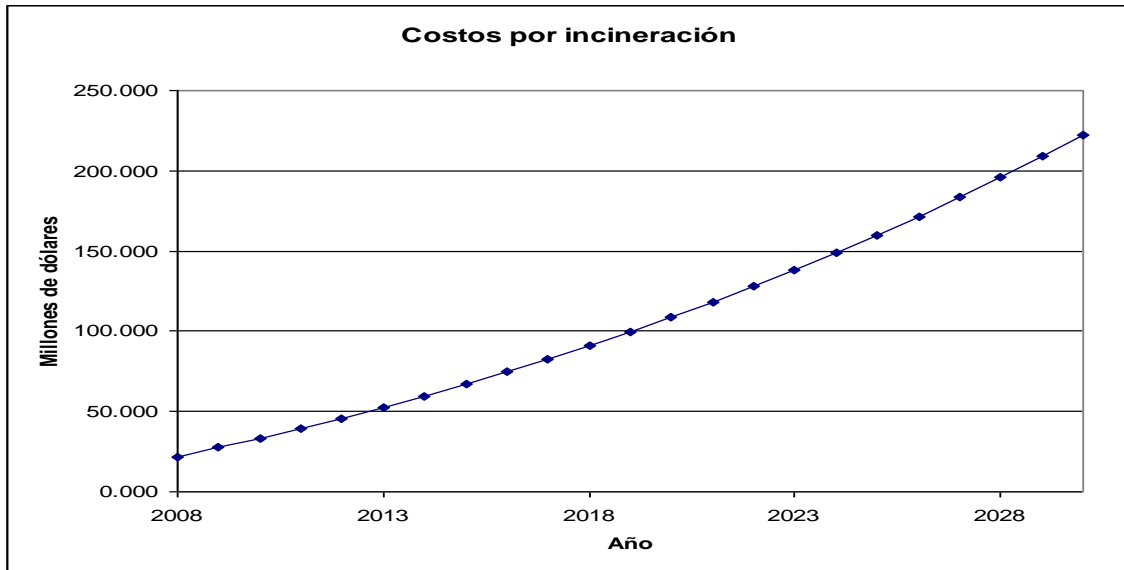


Figura 31. Resultados de los costos por el proceso de incineración.

Tabla 24. Resultados de la mitigación de CO₂ por la práctica de incineración.

Año	Factor emisión CH ₄	Millones Toneladas CH ₄ emitidas	Millones de dólares	Millones Ton CO ₂ equivalente mitigados
2008	0.057	0.003	31.250	0.0287
2009	0.057	0.004	39.246	0.0362
2010	0.057	0.005	47.617	0.0441
2011	0.057	0.006	56.374	0.0524
2012	0.058	0.006	65.533	0.0612
2013	0.058	0.007	75.108	0.0705
2014	0.058	0.008	85.113	0.0802
2015	0.058	0.010	95.565	0.0904
2016	0.059	0.011	106.478	0.1012
2017	0.059	0.012	117.869	0.1125
2018	0.059	0.013	129.755	0.1243
2019	0.059	0.014	142.154	0.1367
2020	0.060	0.016	155.083	0.1497
2021	0.060	0.017	168.561	0.1634
2022	0.060	0.019	182.608	0.1777
2023	0.060	0.020	197.243	0.1926
2024	0.061	0.022	212.486	0.2083
2025	0.061	0.024	228.358	0.2246
2026	0.061	0.026	244.882	0.2417
2027	0.061	0.027	262.080	0.2596
2028	0.061	0.029	279.974	0.2782
2029	0.062	0.032	298.589	0.2977
2030	0.062	0.034	317.948	0.3187

9.2 ANÁLISIS COMPARATIVO

Las mitigaciones de CO₂ equivalente para las cuatro medidas planteadas se muestran en la figura 32.

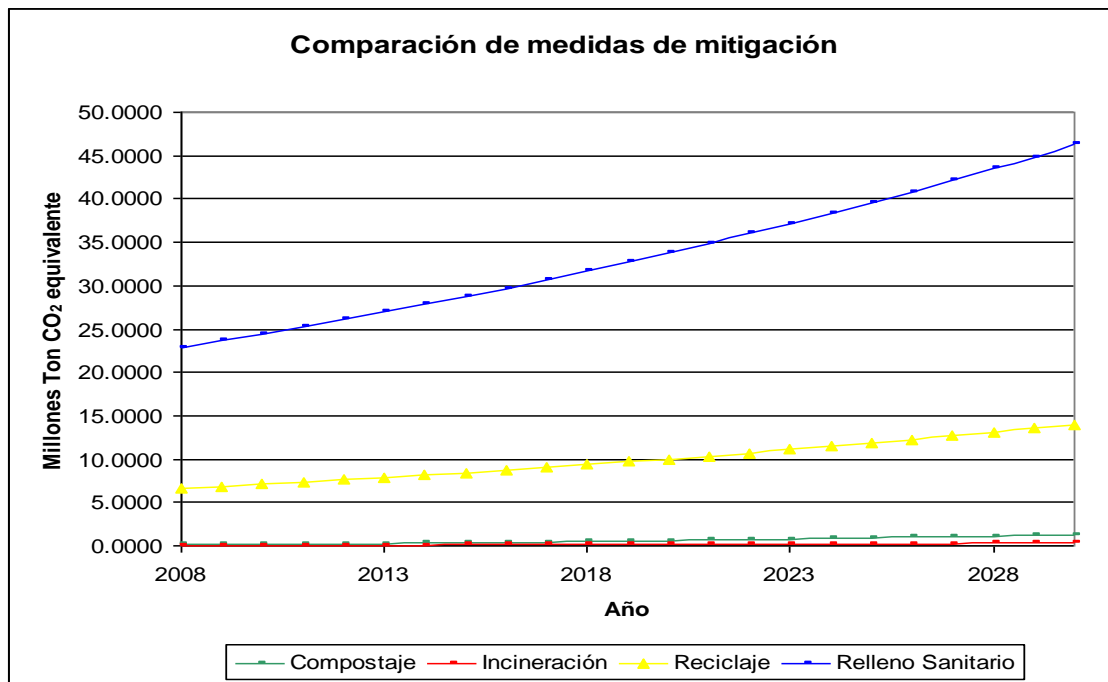


Figura 32. Comparación de medidas de mitigación CO₂

En la figura 33 se muestra la comparación de costos, el Relleno Sanitario es el más costoso, pero es donde se puede tener una buena captación de biogás y se puede controlar, disminuyendo los GEI.

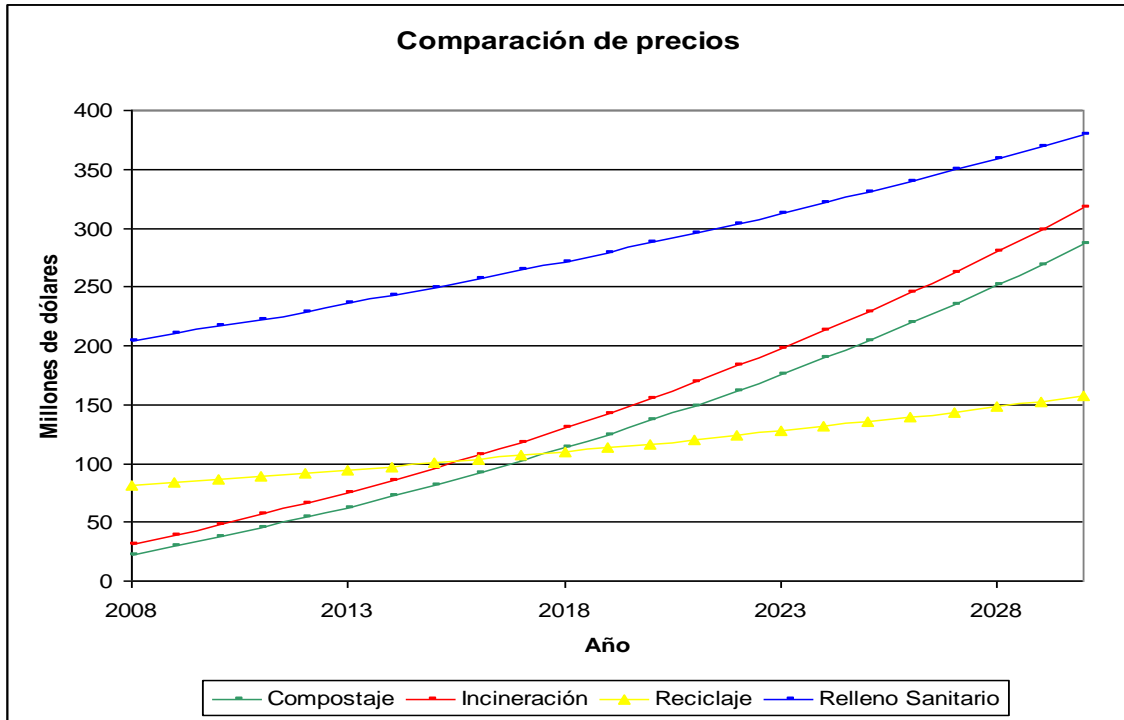


Figura 33. Costos en dólares por medidas de mitigación.

9.2.1. ANÁLISIS DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN

Como ya se ha dicho la concentración atmosférica de CO₂ ha aumentado 31% desde 1750, al igual que la de CH₄ que registra un incremento de 1,060 ppb (151%) en este mismo periodo y continúa aumentando, se estima que poco más del 50% de las emisiones actuales son de origen antropogénico.

En el caso particular del CH₄ se observa que la partición del gas equivale al 23% de las emisiones de GEI en nuestro país, uno de los sectores generadores de este gas es el referido al manejo de desechos urbanos e industriales.

De manera individual el manejo de los residuos sólidos municipales contribuye en México con cerca del 25% de las aportaciones de CH₄. La Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2001 (SEMARNAT-INE)³ señala: “En México las emisiones de metano provenientes de los desechos domésticos e industriales fueron de 3,363 Gg, que equivale a 70,619 Gg en equivalentes a CO₂ durante 1998 de los cuales 1,981 Gg corresponden a emisiones de CH₄ provenientes de los desechos sólidos en rellenos sanitarios (sitios de disposición final de Residuos Sólidos Municipales), en dicho informe no se establece si la cifra es elevada, reducida o normal equiparable a países en condiciones similares a nuestro país.²⁹

Como ya se mencionó para el presente trabajo se tomaron en consideración cuatro factores como medidas de mitigación a la generación de GEI (Metano CH₄) generados a partir de los residuos sólidos municipales, como primera opción o escenario de mitigación se consideró el reciclaje.

1er. escenario: Reciclaje

Al parecer es la mejor opción para reducir GEI, ya que puede disminuir emisiones en la etapa de manufactura y al mismo tiempo se incrementa el secuestro de carbono, así como también se evitan las emisiones provenientes de los rellenos sanitarios.

Además esta actividad ayuda a reducir la emisión de gases de efecto de invernadero desde varios sentidos, los cuales se enlistan a continuación:

- Reducción del uso de combustibles fósiles para obtener materia prima virgen y manufacturar los productos,
- Reducción en el uso de la energía usada en la industria debido al reciclaje, hacer productos de materiales reciclados normalmente requiere de menos energía que hacer productos de materiales vírgenes. Si la demanda de energía decrece, menos combustibles fósiles son quemados y menos dióxido de carbono es emitido a la atmósfera.
- Al reciclar el papel, hace que más árboles continúen viviendo en bosques y sigan captando carbono de la atmósfera. Esto reduce el cambio climático, se ha dicho que 1 tonelada de periódicos es igual a 2.5 toneladas de dióxido de carbono prevenido.

- Estadísticas mencionan que por cada tonelada de Tetrabrik reciclado se ahorran: 3000 Kw de energía eléctrica, 100,000 litros de agua, 221 kg de petróleo, 1500 kg de madera en tratamiento y eliminación de residuos municipales.

Aunado a lo anterior se sabe que 1 tonelada de aluminio reciclado es igual a 13 toneladas de dióxido de carbono prevenido y se ahorra hasta un 95% de la energía utilizada en el proceso original.

Según un reporte de España señala que el reciclaje de 20.000 kg de envases de plástico, latas, briks, cartón, papel y envases de vidrio, en lugar de depósito en vertedero, ha evitado la emisión de 37.489 kg CO₂ a la atmósfera.

Al reciclar PET y otros plásticos se dejan de consumir productos derivados del petróleo o del gas natural, que son requeridos como energéticos, además de que son los contenedores, que por ligeros, requieren menos combustibles fósiles (causantes principales del Calentamiento Global) para su traslado al sitio de utilización.

Aunado a lo anterior se sabe que 1 tonelada de aluminio reciclado es igual a 13 toneladas de dióxido de carbono prevenido y se ahorra hasta un 95% de la energía utilizada en el proceso original. También se dejan de talar árboles ya que para fabricar aluminio se requiere de la bauxita que se encuentra en los primeros 3 m del subsuelo de la selva. También al reciclar chatarra se logra un 88% de reducción de emisiones contaminantes al aire.

El vidrio es 100% reciclable, de manera infinita ya que nunca pierde sus características esenciales, además, al reciclar una tonelada de vidrio se reduce: 20% la contaminación del aire y 50% la contaminación del agua, y con la energía que se ahorra al reciclar un solo envase se puede mantener un televisor prendido durante cuatro horas.

Reducción de energía usada en el transporte de residuos a través de largas distancias y minimización de la generación de residuos.

Algunos cálculos, sugieren que países altamente contribuyentes de GEI, como Estados Unidos o Australia, podrían hacer reducciones sustanciales de gases de efecto invernadero a través del reciclaje, en particular de papel. Reducir la generación de residuos y reciclar son estrategias importantes para evitar los efectos de gases de efecto invernadero.

Esto sin olvidar que la prevención, el no producir residuos y el reuso son aún más efectivos, pues menos energía sería necesaria para extraer, transportar y procesar materias primas. Mientras más residuos dejemos de producir, menor será nuestra aportación de gases de efecto invernadero.

Asimismo, la disposición final de materiales indica que nuevos productos están siendo elaborados como reemplazos.

2do. escenario: Relleno Sanitario

La disposición de los residuos en un relleno sanitario, al hacer la evaluación de los cuatro tipos de relleno según la NOM-083-SEMARNAT pudimos observar que el costo de dicha disposición no varía tanto así que se consideró como una sola medida de mitigación, es una medida de mitigación importante ya que al disponer los residuos en un relleno sanitario estricto implica una mayor generación de metano CH_4 ya que se favorecen las condiciones para su generación.

Aunque la mayoría de los comentarios que se hacen en seguida ya se han mencionado, se considera conveniente resumirlos en esta apartado.

La disposición es la causa principal de la generación de los GEI, se puede usar recuperación de los gases emitidos y estos pueden ser quemados ó utilizados para generar energía con lo cual también se desplaza a la energía generada por combustibles fósiles.

Bajo condiciones anaeróbicas, la descomposición de basuras orgánicas genera biogás, por lo que la recuperación y disposición final (neutralización o uso) del metano contenido en el biogás de este tipo de instalaciones reduce emisiones de GEI que de otra manera se elevarían a la atmósfera.

Por otro lado, debido al alto poder calórico del metano, el biogás puede ser utilizado como combustible para la generación de energía y reemplazar el uso de fuentes más contaminantes y de mayor impacto global, desplazando así fuentes generadoras de GEI.

Adicionalmente, existe una serie de tecnologías experimentales para aprovechar tanto el CO_2 como el metano generado en los rellenos sanitarios, entre ellas:

- Uso de celdas de combustible de ácido fosfórico (PAFCs) para la generación de energía eléctrica y calor.
- Conversión del metano en gas comprimido para su uso en vehículos.
- Utilización del metano para evaporar los líquidos percolados y condensados del biogás.
- Operación de rellenos como bioreactores aeróbicos o anaeróbicos.
- Producción de metanol.
- Producción de CO_2 industrial.
- Uso del biogás para calefacción de invernaderos y para aumentar su contenido de CO_2 .

De manera indirecta, el transporte de la basura hacia los lugares de disposición final produce gases efecto invernadero como producto de la quema del combustible utilizado por los equipos.

Si se analiza la evolución del Rellenos Sanitarios se podría conocer la etapa de mayor contribución al problema del cambio climático y la etapa con mayor potencial de reducción de emisiones de GEI, entonces lo que importa detectar en un Relleno Sanitario para estimar su potencial de generación de reducción de emisiones es en qué etapa del proceso de biodegradación de la basura éste se encuentra.

Para poder explotar el biogás, se requiere que el relleno tenga más de un millón de toneladas de basura acumuladas, o genere más de 625.000 pies cúbicos al día, 4.200 toneladas al año (considerando un poder calorífico de 450Btu/kwh), que el sitio esté recibiendo basura o se encuentre cerrado por menos de 5 años, ya que el punto máximo de generación se alcanza poco después de cerrado un relleno y que tenga una profundidad no menor a 13 m.

El costo de inversión total de un relleno sanitario es de \$33,080,119.63 / MN

3er escenario: Compostaje.

Esta medida fue seleccionada debido a que se observó que del total de residuos sólidos municipales generados diariamente en el país, cerca del 52% es materia orgánica, por lo que su aprovechamiento en composta es una medida de mitigación importante pues se impediría que esta cantidad llegara al relleno sanitario.

Como tercer medida de mitigación se considero el reciclaje, con esta medida se busca evitar la disposición final de materiales que son susceptibles a re aprovechar y a reutilizar y como ultimo escenario se considero la opción de incinerar los residuos sólidos, ya que se considera como una alternativa formal para evitar la generación de CH₄ pues aunque como producto de esta acción se genera CO₂ dicho GEI es 21 veces menos agresivo que el metano.

Como ya se menciona en el proceso de compostaje en residuos de alimentos, jardines y parques; las emisiones netas de GEI por los residuos alimenticios son más bajos en comparación con los rellenos sanitarios y a su vez las emisiones netas por residuos de parques y jardín son más altas que en los rellenos sanitarios. Sin embargo en general dada la incertidumbre del análisis los factores de emisión de la composta son similares.

El composteo implica el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, proceso que bajo condiciones eficientes de operación producen CO₂, evitando la generación de CH₄.

En el proceso de elaboración de la composta una parte de CO₂, se libera, otra se queda en forma de compost (sustancias húmedas estables que pueden secuestrar carbono por cientos de años) y en la madera cuya degradación se ve inhibida por las condiciones anaeróbicas.

En los casos en los que la disposición de la basura ocurre en condiciones aeróbicas, se genera en su mayor parte dióxido de carbono y agua y prácticamente nada de metano. El proceso de compostaje requiere de agua y el dióxido de carbono es soluble en agua, la cual se pierde en los percolados de un compostero, en esta etapa de régimen donde se presenta su mayor contribución al problema del cambio climático y donde se encuentra el mayor potencial de reducción de emisiones de GEI controlándolo adecuadamente.^{22, 30}

En el proceso de compostaje si se tiene una alta producción de metano puede ser desviada a otro tipo de tratamiento. Se puede neutralizar o dar un uso.

La generación de compost (humus obtenido artificialmente por descomposición bioquímica, en caliente, de residuos orgánicos) a través del tratamiento aeróbico de residuos orgánicos, evita la emisión de metano a la atmósfera y se contribuye a reducir la concentración de GEI.

4to escenario: Incineración

La incineración presenta recuperación de energía, con lo cual se desplaza la generación de energía con combustibles fósiles y al mismo tiempo se disminuyen las emisiones del subsector (incineración) además de evitarse las emisiones por Rellenos Sanitarios. Las emisiones netas de incineración de residuos mezclados se dice, son menores que su disposición en rellenos sanitarios.

Algunos inconvenientes de la incineración son:

- Altos costos de inversión y de operación
- Sistema de tratamiento de gases complejo y costos
- Las cenizas son tóxicas y necesitan un confinamiento especial, tiempos largos de preparación y de construcción del proyecto
- Viable únicamente a gran escala y presenta un rechazo social por la contaminación del aire.

Una planta para procesar 1000 toneladas por día requiere de una inversión de alrededor de 1800 millones de pesos. Los costos de operación y mantenimiento fluctúan entre 300 y 450 pesos por tonelada resultando un costo total de 850 y 900 pesos por tonelada procesada.

El reciclaje ahorra mucha más energía que la que puede producir la incineración y la vez reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. Prevenir la generación de residuos y reciclar disminuye el uso de energía porque evita los procesos de extracción y procesamiento de materia prima virgen, que conllevan un alto consumo energético, necesarios para reemplazar los materiales que se derrochan en incineradores y rellenos. Dado que se usa menos energía, se utilizan menos combustibles fósiles y por ende disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero.

Aunque se puede considerar que no es una opción muy viable, varios países industrializados contemplan en sus programas de incineración, como una alternativa formal para evitar la generación de CH₄ como resultado del manejo de los Residuos Sólidos Municipales y de esta manera pretenden avanzar en el cumplimiento de su compromiso en materia de cambio climático.

Por todo ello vemos necesario como ya han hecho otras regiones, apostar por mejorar la eficacia de la recogida selectiva, reducir la producción de residuos innecesarios y producir con el resto energía y composteo de calidad con metanización, que es hoy por hoy la alternativa con menor impacto ambiental y tecnológicamente más desarrollada.

Una vez definidos los escenarios de mitigación se realizaron las proyecciones de producción de vivienda y a su vez la producción de residuos sólidos municipales generadas por el país en millones de toneladas, con estos datos se obtuvo la cantidad total que va a ser generada de gas metano, con estos datos se pudieron realizar el cálculo de generación total de dióxido de carbono generado y la cantidad que podría mitigarse con cualquiera de los cuatro escenarios propuestos.

Los resultados de cada una cambian según el costo de la inversión, la disposición de tecnologías y el potencial de mitigación, entre otros parámetros. Los resultados mostraron que la disposición de basura en los rellenos sanitarios, es la opción más viable para disminuir las emisiones de GEI. Según los escenarios analizados, el costo-efectivo promedio acumulado para el año 2030 es de \$653.17 millones de dólares por 78.09 millones de toneladas de CO₂. Y para el 2050 el costo probable será de \$1152.54 millones de dólares por 145.39 millones de toneladas de CO₂.

Varios países industrializados contemplan en sus programas la incineración como una alternativa formal para evitar la generación de CH₄ como el resultado del manejo de Residuos Sólidos Municipales y de esta manera pretenden avanzar en el cumplimiento de sus compromisos en materia de cambio climático.

En forma paralela se busca evitar la disposición final de materiales orgánicos o combustibles en rellenos sanitarios aceptando solamente la de materiales inertes, por lo que sería recomendable que en los rellenos sanitarios se favorezca la captación de biogás para poder aprovecharlo con las diferentes opciones existentes.

9.3 DISCUSIÓN DE POLITICAS

El gobierno debe evaluar los costos y beneficios donde sea necesario y apropiado aprobar instrumentos e incentivos que desee usar. Por ejemplo, si decide cumplir o no cumplir, directo o indirecto, si es financiero, regulatorio, educacional o comunicacional.

Algunos incentivos que actualmente son usados por otros países y se pueden utilizar en México son los siguientes:

Desarrollo de esquemas de recolección y separación de subproductos reciclables

Incentivos financieros (por ejemplo impuestos por toneladas de basura generada o dispuesta en rellenos sanitarios)

Instrumentos regulatorios (por ejemplo prohibir que cierto tipo de residuos se dirijan a rellenos sanitarios como llantas y otros)

Instrumentos que incentiven (por ejemplo exención de algunos impuestos o regulaciones si se invierte en infraestructura para reciclado o tratamientos diferentes a la disposición en rellenos sanitarios)

Políticas relacionadas, como Compras verdes, adicionadas a incentivos por esquemas de reciclado en general, esquemas para reducir los residuos en procesos de producción entre otros.

9.3.1. CREAR MERCADOS DE CARBONO Y METANOS

Instrumentos regulatorios, tales como; estándares o normatividades, metas de reciclado (%), establecer un % de materiales reciclables en todos los productos y acuerdos voluntarios con la industria y programas en los que los empresarios se hagan responsables de los productos y/o empaques después de haber sido usados por el usuario final

Instrumentos educativos y de comunicación e información basada en instrumentos como: ecoetiquetado, campañas de información, folletos y por supuesto.

Responsabilidad empresarial extendida (EPR) y Diseño para el medio ambiente y/o Diseños Sustentable.

La imposición de numerosos y estrictos requerimientos para disminuir o impedir el reciclaje de materiales de bajo valor y bajo riesgo, puede impedir o desalentar su reciclado.

Para evitar este efecto –que puede resultar en el envío de dichos materiales para disposición en rellenos sanitarios (en lugar de su reciclado) o que se trate en otros tipos de tratamiento menos amigables con el ambiente, basado en consideraciones de costo únicamente –los gobiernos deben ajustar la implementaciones de acuerdo al nivel de riesgo presente por ambos tipos de residuo e instalación involucrada.

La creación y fomento del uso de Sistemas de Manejo Ambiental y certificaciones en las organizaciones. Las certificaciones de un sistema de Manejo ambiental deben ser desarrolladas por un ente certificador y supervisor reconocido (ISO14000, Industria Limpia –PROFEPA- o EMAS)

9.3.2. MARCO JURÍDICO

Al inicio de la década de los años setenta, se publica la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFPCCA), que marca el surgimiento de una política de protección ambiental centrada en los recursos de agua, suelo y aire y de interés por el cuidado de la salud.

Diversas leyes e iniciativas a través de los años, dieron como resultado cambios importantes en la forma de aproximarse al problema de los residuos sólidos. Así en enero de 1988 se publicó, en el Diario Oficial de la Federación, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que sustituyó a la Ley Federal de Protección al Ambiente. Esta Ley se modifica en 1996, definiendo con mayor claridad las competencias y funciones de los diferentes órdenes de gobierno en materia de residuos.

9.3.3. MARCO LEGAL VIGENTE

El marco legal que rige actualmente el manejo de los residuos sólidos urbanos incluye los siguientes instrumentos jurídicos:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental
- Reglamento de la Ley Federal sobre Meteorología y Normalización
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- *Normas Oficiales Mexicanas, (NOM)

El marco jurídico a nivel estatal y municipal, incluye:

- Constituciones Políticas de los Estados de la República Mexicana
- Leyes Orgánicas de la Administración Pública Municipal de la República Mexicana
- Leyes Ambientales de cada estado
- Reglamento Municipal del Servicio de Limpia

El marco normativo actual confiere una mayor participación a organismos e instituciones tanto del sector público como del sector privado y social; y demanda un incremento en la coordinación y congruencia en las políticas públicas para el manejo de los residuos sólidos urbanos en los tres órdenes de gobierno.

Podemos señalar que, las principales fortalezas de la regulación jurídica de acuerdo a lo establecido por SEMARNAT son las siguientes:

- Avances en la definición de las competencias de los tres órdenes de gobierno en el tema de la gestión de los residuos
- Se asigna una personalidad tácita al sector de los residuos
- Clasificación de los tipos de residuos y existencia de sistemas de regulación a cada uno de estos tipos de residuos
- Clasificación de los generadores de residuos, por volumen de generación y tipo de residuo, así como la especificación de las responsabilidades y obligaciones de cada uno
- La responsabilidad compartida de los productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas de servicios de manejo de residuos y de las autoridades de los tres órdenes de gobierno
- Aplicación de la variable ambiental a los sistemas de manejo de residuos
- Creación de mecanismos de reducción de la generación de residuos y de evitar los efectos ambientales de su manejo
- Creación de mecanismos de coordinación institucional para la colaboración de los órdenes de gobierno en el tema.
- Establecimiento de un Sistema Nacional de Información sobre los residuos.
- Desarrollo de un programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos.
- Incorporación de principios innovadores, como el concepto de “el que contamina paga”.
- La facultad de los municipios para establecer modelos tarifarios para el financiamiento de la gestión integral de los residuos, así como la facultad de los estados para regular los modelos tarifarios utilizados por los municipios.

Sin embargo, en lo referente a las debilidades se pueden señalar las siguientes:

- Insuficientes fundamentos constitucionales referentes al tema de los residuos
- Carencia relativa de regulación jurídica local en el tema
- Carencia de acción pública para impugnar ante el poder judicial, la inactividad o actividad ilegal de las autoridades competentes en materia de residuos
- Carencia de un sistema jurídico para reclamar la reparación de daños ambientales
- Exceso de disposiciones jurídicas orgánicas y programáticas
- Desvinculación de las disposiciones jurídicas vigentes en el tema de los residuos respecto de otras que igualmente impactan en el sector, tal es el caso de las referentes a los derechos de las mujeres y los niños y los aspectos sanitarios, sobre todo los temas de transporte, tratamiento y disposición final de residuos

10. CONCLUSIONES

10.1 Conclusiones Generales

Los Escenarios de emisión de Gases de Efecto Invernadero desarrollados representan una primera aproximación a la “creación de capacidad para la utilización de instrumentos de modelización y de escenarios de emisiones”, tal como lo recomienda el IPCC en su Informe sobre Escenarios de Emisiones.

El composteo solo es una opción de manejo para residuos alimenticios y de jardinería; la combustión presenta menores emisiones de GEI que los rellenos con papel de oficina, cartón corrugado, y latas de acero, debido a que el papel de oficina y el cartón generan una importante cantidad de metano cuando son dispuestos en rellenos, y el acero es recuperado para reciclaje en la mayoría de los incineradores de Residuos Sólidos Municipales.

El reciclado es uno de los mayores contribuyentes a las políticas de minimización de residuos que puede llevar a grandes beneficios ambientales relativos a la explotación de materias primas.

El relleno sanitario genera menos GEI que la combustión de plásticos y papel periódico, debido a que la combustión de materiales plásticos provoca importantes emisiones de CO₂; la red de emisiones de GEI de la combustión y de rellenos sanitarios son similares para las latas de aluminio. Las diferentes opciones de manejo de Residuos Sólidos Municipales proveen de oportunidades para disminuir las emisiones de dióxido de carbono y metano directa o indirectamente.

Varios países industrializados contemplan en sus programas de incineración, como una alternativa formal para evitar la generación de CH₄ como resultado del manejo de los Residuos Sólidos Municipales y de esta manera pretenden avanzar en el cumplimiento de su compromisos en materia de cambio climático.

Si bien no es fácil determinar con precisión la capacidad de generación de biogás de los rellenos sanitarios, gracias al surgimiento de investigaciones y los resultados de varios estudios de caso, es posible tener una idea aproximada de la misma, teniendo en cuenta los ajustes necesarios debido a las características particulares de cada relleno sanitario.

El biogás generado puede ser recuperado para generar energía, para lo cual existen diversas técnicas, que dependen de la capacidad de generación de biogás, del tipo y de la intensidad de utilización la energía a generarse.

El proceso de aprovechamiento energético del biogás generado en los rellenos sanitarios produce beneficios ambientales por dos fuentes: permite la captura de Gases de Efecto Invernadero que en ausencia de este tipo de actividades se suspenderían en la atmósfera y permiten el reemplazo de fuentes de generación de energía más contaminantes, en especial las de origen fósil.

Es posible cuantificar los beneficios ambientales derivados de la implementación de este tipo de proyectos y obtener beneficios económicos por ello. Una opción la constituye el Mecanismo de Desarrollo Limpio, que consiste en el desarrollo de proyectos que permiten la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, en países que no tienen compromisos de reducción establecidos en el marco del Protocolo de Kyoto.

La forma de financiamiento que obtiene un proyecto bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, es a través de la venta de sus CERs, la misma que puede desarrollarse en cualquier momento después de iniciado el ciclo de este tipo de proyectos.

10.2 Conclusiones Particulares

Con respecto a las medidas de mitigación se concluye que:

La medida de mitigación indica que al crecer el reciclaje, disminuirán las emisiones de CO₂. Para que esto se pueda llevar a cabo, se necesitarán 14.59 USD por tonelada.

Para tratar un total de 64,460 toneladas de desechos sólidos en un relleno sanitario, se necesitan \$9,411, 744. (MN). Así, cada tonelada de basura cuesta \$146.01 USD tratarla en virtud de que su CH₄ generado no sea expulsado a la atmósfera.

Con el compostaje se tiene que el treinta por ciento de lo que pudo terminar en CH₄, terminará en CO₂. Así también, cada tonelada de basura tratada por compostaje cuesta 83.65 USD.

Esto puede significar una posibilidad interesante para tomar viables proyectos que agreguen esta forma de tratar los residuos orgánicos con la operación de los rellenos sanitarios. Con eso se puede aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios, reducir la generación de lixiviado y evitar las emisiones de metano.

Con respecto a la incineración, la medida de mitigación es que en lugar de emitir metano a la atmósfera se traten de emitir principalmente CO₂, dejando al N₂O y vapor de agua rezagados. Esto sólo se puede hacer si se tiene un buen control de materiales a incinerar. Para poder realizar esto costaría 583.94 USD por cada tonelada a tratar.

11. RECOMENDACIONES

Es aconsejable continuar con la creación de Rellenos Sanitarios como un elemento más del manejo integral de los Residuos Sólidos Municipales e incluirse opciones como el reciclaje, el composteo y en ciertos casos la incineración.

Se recomienda evitar la disposición final de materiales orgánicos o combustibles en rellenos sanitarios, aceptando solamente la de materiales inertes.

Es recomendable que en los rellenos sanitarios se favorezca la captación de biogás y se aproveche de acuerdo con las diferentes opciones existentes.

Entre las posibilidades de aprovechamiento del biogás, se encuentran las siguientes:

- Generación de vapor
- Generación de energía mecánica.
- Turbina de gas.
- Generación de electricidad, mediante alguna de las anteriores opciones.

Si no existen condiciones para aprovechar el biogás en ninguna de las formas mencionadas debe de considerarse la opción de captarlo y quemarlo en una instalación adecuada, considerando que el CO₂ generado en la combustión es menos agresivo que el CH₄ en el contexto de los gases efecto invernadero.

El composteo es otra opción que implica el aprovechamiento de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Municipales, proceso que bajo condiciones eficientes de operación produce CO₂, evitando la generación de Metano.

El gobierno debe evaluar los costos y beneficios donde sea necesario y apropiado aprobar instrumentos e incentivos que desee usar. Por ejemplo, si decide cumplir o no cumplir, directo o indirecto, si es financiero, regulatorio, educacional o comunicacional.

Algunos incentivos que actualmente son usados por otros países y se pueden utilizar en México son los siguientes:

Desarrollo de esquemas de recolección y separación de subproductos reciclables

Incentivos financieros (por ejemplo, impuestos por ton de basura generada o dispuesta en rellenos sanitarios)

Instrumentos regulatorios (por ejemplo, prohibir que cierto tipo de residuos se dirijan a rellenos sanitarios como llantas y otros).

Instrumentos que incentiven (por ejemplo, exención de algunos impuestos o regulaciones si se invierte en infraestructura para reciclado o tratamientos diferentes a la disposición en rellenos sanitarios).

Políticas relacionadas, como compras verdes, adicionadas a incentivos por esquemas de reciclado en general, esquemas para reducir los residuos en procesos de producción entre otros.

Dar incentivos fiscales para aquellas empresas que contribuyen con el cuidado del medio ambiente.

- Tomar las medidas económicas y políticas apropiadas para acelerar la transición a una sociedad con consumos bajos en carbono y para alentar y llevar a cabo cambios en la conducta individual y nacional.
- Promover la cooperación científica y tecnológica, la innovación y el salto progresivo, por ejemplo, mediante la transferencia de algunas tecnologías básicas de bajo carbono así como tecnologías de adaptación.
- Exhortar a los gobiernos para que apoyen la investigación acerca de las tecnologías de reducción de gas invernadero y de los impactos en el cambio climático.

Es necesario, que más de la tercera parte de los residuos peligrosos sean reciclados y consecuentemente se aproveche la materia prima para producir de nuevo el mismo artículo u otros equivalentes, generando riqueza para el país y dejando de contaminar suelos, aire y agua.

12. ANEXO

Normas Oficiales Mexicanas

Las normas representan uno de los elementos centrales de la política ambiental. El desarrollo del marco normativo ambiental en México ha sido considerable y en los últimos 10 años prácticamente se han duplicado las Normas existentes dando especial énfasis a las referentes al Manejo de Recursos Naturales, pues en 1997 se contaba con 4 para este rubro y para el año 2006 ya había 28.

Según SEMARNAT la normatividad vigente en el periodo de estudio en el rubro es:

Residuos (Sólidos, Manejo Especial y Peligrosos)

NOM-052-SEMARNAT-2005. Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

NOM-053-SEMARNAT-2005. Establece procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-SEMARNAT-1993. Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993.

NOM-055-SEMARNAT-2003. Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos excepto de los radiactivos.

NOM-056-SEMARNAT-1993. Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

NOM-057-SEMARNAT-1993. Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

NOM-058-SEMARNAT-1993. Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

NOM-083-SEMARNAT-2003. Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Establece la protección ambiental-salud ambiental-residuos peligrosos biológico-infecciosos-clasificación y especificaciones de manejo (clave anterior NOM-087-ECOL-SSA1-2002).

NOM-098-SEMARNAT-2002. Establece la protección ambiental – incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

NOM-133-SEMARNAT-2000. Establece protección ambiental - bifenilos policlorados (BPCS) especificaciones de manejo.

NOM-141-SEMARNAT-2003. Establece los requisitos para la caracterización del sitio, proyecto, construcción, operación y pos operación de presas de jales.

NOM-145-SEMARNAT-2003. Establece el confinamiento de residuos en cavidades construidas por disolución en domos salinos geológicamente estables.

NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-002-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

NOM-003-SEMARNAT-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se re usen en servicios al público.

NOM-001-CNA-1995. Establece el sistema de alcantarillado sanitario – especificaciones de hermeticidad.

NOM-006-CNA-1997. Establece que las fosas sépticas – especificaciones y métodos de prueba.

13. GLOSARIO

Tiraderos a Cielo Abierto (TCA). Sitio en donde no hay ningún tipo de infraestructura, ni personal para su operación, ni control de los altos niveles de contaminación, ni métodos para el tratamiento de los residuos.

Son sitios que no cumplen absolutamente ningún requisito, además de que por operar en la ilegalidad, los sitios pueden ser fácilmente reubicados una vez que las autoridades lo han clausurado, generalmente tienen una profundidad de menos de 5 metros.

Rellenos de Tierra Controlados (RTC). Sitios de disposición final que si tienen cierto control sobre lo que se dispone, sin embargo, no cubren con los suficientes criterios como para considerarlos Rellenos Sanitarios y generalmente tienen una profundidad del relleno igual o mayor a 5 metros.

Sitio controlado de disposición que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización.

Vertedero. Lugares pueden ser oficiales o clandestinos, existe personal responsable de cuidar el acceso y cuenta con un modelo de manejo de residuos, no existe un control de la contaminación (13)

Relleno Sanitario (RS). Obra de infraestructura que, aplica métodos de ingeniería para evitar la contaminación del suelo, agua y aire que provoca la basura (13)

Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales. (NOM-083-SEMARNAT-2003).

Deposit-refund. aplica el método de valoración contingente para obtener el monto del importe que se requiere para que las personas regresen los envases de plástico. Los resultados indican que dos pesos son suficientes para que 87% de los envases sean retornados.

Centro de Acopio. Es el lugar destinado por el Ayuntamiento, en donde se reciben limpios y separados los residuos inorgánicos: papel, cartón, metales, plástico, vidrio y otros productos. También se llama centro de reaprovechamiento porque es el eslabón entre las industrias que reutilizan o reciclan los residuos y la sociedad que los produce.

Transporte. Acarreo de los residuos sólidos a los sitios de disposición final.

Disposición Final. Es el destino último de los residuos sólidos, colocados de una manera ordenada, distribuyéndoles, ya sea en rellenos sanitarios, estaciones de transferencia, basureros o centros de acopio.

Recolección. Acción que consiste en recoger la basura o residuos sólidos

Basura o Residuo Sólido. Todo desecho orgánico o inorgánico que resulte de actividades domésticas, comerciales, industriales o recreativas, cuya calidad no permita usarlos nuevamente en el proceso que los generó.

Residuo Sólido Reciclable. Todo residuo sólido que por razones económicas y por no significar un riesgo para la salud, es susceptible de ser reutilizado con o sin transformación física de sus características.

Residuos Sólidos Orgánicos Domiciliarios. Son los desperdicios de comida, desechos de cocina y del jardín, que tienen un origen biológico; desechos de todo aquello que nace, vive, se reproduce y muere, que en algún momento han tenido vida biodegradables porque se pueden someter a tratamientos biológicos que generen otros productos como composta, abonos naturales humus, alimentos para animales, etcétera.

Residuo Sólido Inorgánico. Desecho generado en casa-habitación, industria o comercio, consistente en metal, papel, cartón, plástico o vidrio.

Residuos Sólidos no Peligrosos o Municipales. Es el conjunto de residuos generados en casas habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, bienes inmuebles, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicios y en general todos aquellos generados por las actividades municipales. Los residuos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigación e industrias no deben mezclarse con los municipales pues son del tipo peligroso.

Residuos Sólidos Peligrosos. Todos los desechos en cualquier estado físico, químico biológico que, por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico-infecciosas o irritantes, pudieran representar peligro para el ambiente, la salud pública o ecosistemas, si es que no son sometidos a los métodos adecuados de control autorizados oficialmente.

Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos. Todos aquellos residuos que por sus características patológicas o biológico-infecciosas puedan representar un riesgo para la salud y la integridad física de la población. Estos residuos son considerados peligrosos por las normas oficiales mexicanas.

Protocolo de Kyoto. Acuerdo voluntario en donde los paises del mundo unen esfuerzos para limitar sus emisiones de gases efecto invernadero.

Naciones Unidas es el organismo regulador; en donde países industrializados se comprometen a reducir o limitar sus emisiones de GEI en un porcentaje determinado de 5.5% en promedio.

También participan países en vías de desarrollo a través del mecanismo de desarrollo limpio permitiendo que países industrializados implementen proyectos de reducción de GEI.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Gutiérrez A.V. (2006). Diagnóstico básico para la prevención y gestión integral de residuos. SMARNAT-INE, 65.
2. Tortolero, R. 2008. La Basura en el D.F. un drama cotidiano. National Geographic En Español. 23 (I). Julio de 2008, 90-99.
3. Gobierno Federal (SEMARNAT, SEDESOL, SAGARPA, SENER, SER, SCT, SE 2008-2012. "Programa Especial de Cambio Climático". Comisión Intersecretarial de Cambio Climático CICC, 2008. 2008: 111-118
4. Quadri de la Torre, G. Wehenpohl, G. Sánchez, G.J., López, V. A. y Nyssen, O. A., (2003) "La basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el manejo de Residuos Urbanos". 9-16, 58-61.
5. Leite M.G. y Penido, M.J. 2006. Manual de gestión Integrada de residuos sólidos Municipales. En Ciudades de América Latina y el Caribe. 1ra. Edición 2006 Río de JANEIRO: IBAM, 264.
6. Aguilar J. A 2008. "Basura: El mejor residuo es el que no se genera" Rev. del Consumidor. México. No. 377. Julio 2008. www.profeco.gob.mx ISSN 0185-8874, 42-57.
7. ECOCE (2008) "Respuesta a una necesidad actual". Ed, Grupo Fogra, S. A, Pp. 1-67.
8. Silva, I.C. y Bravo, S. L. 2004 ¡A reciclar chatarra!, Guía educativa para el reciclaje del acero. Pp1-123.
9. Rodríguez, S.M.A, Cordova,V.A.(2006). Manual de Compostaje Municipal de Tratamiento de residuos sólidos urbanos. SEMANART. INE
10. Martínez, M. A. Análisis crítico de las tecnologías para el aprovechamiento de los residuos urbanos en México. Memorias del Foro Internacional para el manejo sustentable de los residuos: Gestión Integral, Tecnologías limpias y energía. Expo residuos 2008. Ponencia No. 18 pp. 1- 23.
11. Torres, G.E. 2008. Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos para la generación de Energía y Energéticos. Memorias del Foro Internacional para el manejo sustentable de los residuos: Gestión Integral, Tecnologías limpias y energía. Expo residuos. Ponencia No. 9 pp. 6 – 11.
12. Logsdon, G. "Using compost for plant disease control." BioCycle 34(10) 1993: 33-36
13. Secretaría de Energía. Anexo 1. Estimación del Recurso y prospectiva Energética de la basura en México. <http://www.sener.gob.mx/>. (Visitado 29 Octubre 2008)
14. Fernández, Z. J. (2008). Potencial Energético de Residuos Sólidos Urbanos en México.<http://www.ilfz.org/> . (visitado 29 Octubre 2008)

15. GIRE SOL. Barajan con la Basura opciones Tecnológicas. <http://www.giresol.org/> (visitado 28 Octubre 2008)
16. Couto, B. I. (2007). Cambio Climático y Residuos Sólidos Urbanos. GIRE SOL, icouto@colef.mx (visitado 08 Agosto 2008).
17. González, S.M. El Plasma Tecnología para Generación de Energía a través de los Residuos. Memorias del Foro Internacional para el manejo sustentable de los residuos: Gestión Integral, Tecnologías limpias y energía. Expo residuos 2008. Ponencia No.16 pp. 1-19.
18. La Coordinadora Ecologista alerta de que el proyecto de incineradora de residuos urbanos, que defienden los responsables de medio ambiente del Gobierno del Principado de Asturias, supondrá un aumento de la producción de gases de efecto invernadero. 4-*Noviembre-2006 Nota de Prensa de la CEA.*
19. González, G.R. Transformación y Aprovechamiento de Residuos Sólidos por medio de Incineración y Gasificación. Memorias del Foro Internacional para el manejo sustentable de los residuos: Gestión Integral, Tecnologías limpias y energía. Expo residuos 2008. Ponencia No. 17 pp. 1- 27.
20. Wehenpohl Günther, Cantillana, P.H., Hernández, B.C. (2004). Guía de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003. SEMARNAT y GTZ., 13-18.
21. Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2008. Área Metropolitana de la Ciudad de México. Estadísticas Ambientales. Tema: Medio Ambiente. Asentamientos y Actividades Humanas. Residuos. <http://www.inegi.gob.mx>.
22. Orta de Velásquez, Rojas Valencia Ma. Neftalí, Dávila Villareal Arturo, Gutiérrez Palacios Constantino, Sánchez Gómez Jorge y Busch Güenter, 2006. "Manejo de lixiviados y biogás generados en un relleno sanitario (generación, control, tratamiento y aprovechamiento)" Proyecto Elaborado para el personal de la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal. (Transferencia al proyecto R-348) Agosto de 2006.
23. Sánchez, G.J. (2006) Bio-rellenos metanogénicos: opción sustentable para la disposición final de los residuos sólidos. Revista AIDIS de ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación Desarrollo y práctica. 1(1).
24. OECD, 2007. Guidance Manual on Environmentally Sound Management of Waste. Organization for Economic Cooperation and Development.
25. OECD, 1998. Waste Minimization in OECD Member Countries. Organization for Economic Cooperation and Development CYCLOPE-VEOLIA, 2007. From Waste To Resource, An abstract of "2006 World Waste Survey".
26. Guerrero L.D. (2006). México Reciclaje. <http://www.elporvenir.com.mx/notas.asp>
27. Soto, F. J. y Cruz, A. A .2008 Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos

28. Para la fabricación de Alcohol Etílico. Congreso de FEMISCA Presentado en el XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales celebrado del 21 al 26 de abril del 2008 en la Ciudad de México. 1-15 pp.
29. Solórzano, O. G. (2003). Aportaciones de gases de efecto de invernadero por el manejo de residuos sólidos en México. El caso del metano". Gaceta Ecológica. Enero-Marzo, 66, 7-15.
30. Beitrán y Asociados. (2006). Captura de gases de Efecto Invernadero de Rellenos Sanitarios para su Aprovechamiento Económico. 38-49.
31. Rojas, V.N; Sheinbaum, P.C y Orta L.T. (2001) "Gases de invernadero generados de residuos sólidos". Ciencia y Desarrollo. 27(158), 50-59.
32. Solórzano, O. G. (2003). Aportaciones de gases de efecto de invernadero por el manejo de residuos sólidos en México. El caso del metano". Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún, 27 al 31 de octubre, 2002.
33. Pérez Rosas, José; Chávez Reyes, Pablo; y Cebada Alva, Bernardino (1997). Evaluación técnico-económica de dos alternativas de aprovechamiento de biogás en un relleno sanitario. Dirección Técnica de Desechos Sólidos. DDF.
34. Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible. Escenarios de Emisión de Gases Efecto Invernadero – 2012" Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible. pp. 1-28.
35. "Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático". Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Chapter 6, Reference Manual and Software.