



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS
ECONÓMICO - ADMINISTRATIVAS
CHAPINGO, MÉXICO

EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL: UN ENFOQUE BIOECONÓMICO

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA
Y DE LOS RECURSOS NATURALES**



T-2353

PRESENTA

BRENDA CÁRCAMO RICO

AGOSTO DE 2009

EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL: UN ENFOQUE BIOECONÓMICO

Tesis realizada por **Brenda Cárcamo Rico** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

DIRECTOR: 
DR. GERÓNIMO BARRIOS PUENTE

ASESOR: 
DR. JUAN ANTONIO LEOS RODRÍGUEZ

ASESOR: 
DR. JUAN HERNÁNDEZ ORTIZ

La presente investigación se registró institucionalmente en la Dirección General de Investigación y Posgrado, en el Programa Universitario de Investigación en Agricultura Sustentable, se encuentra identificado con la clave 09320808, cuyo título es EVALUACION DE UNA OPORTUNIDAD DE NEGOCIOS DENTRO DE LA BIOECONOMIA DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL, bajo la dirección del DR. GERÓNIMO BARRIOS PUENTE y la colaboración de los C.C. GERARDO NORIEGA ALTAMIRANO, SERGIO CRUZ HERNANDEZ, JUAN ANTONIO LEOS RODRIGUEZ, JUAN HERNANDEZ ORTIZ

DEDICATORIA

A mis padres: Antonio Cárcamo Rodríguez e Irma Rico López, quienes siempre me han cuidado, su confianza en mí, su aliento, apoyo incondicional y amor han hecho todo lo posible para mi realización.

A mi abuelo: José Cárcamo Durán. El ha sido una fuerza estable y sabia en mi vida.

A mis hermanas: Janeth, Liliana y Berenice por su apoyo brindado en este proceso tan importante para mí y por compartir lo que realmente importa: una familia.

Al Sr. Germán Zarco, expreso mi gratitud por su apoyo a mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme la oportunidad de consolidar mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que generosamente me otorgó la beca, lo que permitió dedicarme de tiempo completo a los estudios de posgrado.

AL Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), su ayuda económica facilitó la fase final de la investigación.

Al Dr. Gerónimo Barrios Puente, por su generosa comprensión, consejos y críticas. Gracias por su contribución.

Al Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez, por las sugerencias que ha aportado al documento; su gentileza, paciencia y alegría permitieron mejorar el sentido del trabajo inicial.

Al Dr. Juan Hernández Ortiz, por pertenecer al Comité Asesor, por la lectura crítica al texto y sus opiniones valiosas.

Al Ing. Gerardo Noriega Altamirano, por su valiosa dedicación, paciencia, ha mejorado considerablemente mi obra con sus correcciones y sugerencias; por su empeño en este proyecto, sin su participación no hubiera sido física e intelectualmente concretado.

A mis profesores, todos me proporcionaron la riqueza de su sabiduría y estímulo.

Al Ing. Sergio Cruz Hernández, por su ayuda y consejos que enriquecieron el trabajo.

Al Lic. Eduardo Carranza, por su alegría de vida y que siempre invita a pensar y vivir, regalándome lucecitas para encontrar el mejor camino.

Al Ing. José Luis Rico Robert, por su pasión en el proyecto y su colaboración para difundirlo en los núcleos agrarios de Texcoco.

A mis amigas Cynthia Nuñez y Juanita Ramírez, y demás compañeros y amigos que con su alegría hicieron que cobrara sentido el Programa de Posgrado.

A los representantes de los núcleos agrarios del municipio de Texcoco, con quienes compartí los resultados del proyecto.

Estoy en deuda con la Biblioteca Central de la UACH, cuyo acervo bibliográfico me ayudó a entender las cosas que no pude vivir de primera mano.

Atendiendo a quienes me han auxiliado de variadas formas para reunir y presentar los resultados, por sus aportaciones muy estimables, a todos ellos mi profundo agradecimiento.

DATOS BIOGRÁFICOS

Brenda Cárcamo Rico, nació el 11 de agosto de 1982 en la Ciudad de la H. Caborca, Sonora; desde su infancia ha vivido en el municipio de Texcoco.

Del año 2000 al 2005 realizó sus estudios profesionales en la Universidad Autónoma del Estado de México, donde obtuvo el título de Licenciada en Administración; realizó una evaluación social orientada al aprovechamiento del maguey papalote y a la agroindustria artesanal del mezcal en el Estado de Guerrero. Esta investigación constituyó su tesis profesional.

En el periodo 2007 – 2009, cursó los estudios de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales en la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó una investigación que ofrece una alternativa a los residuos orgánicos generados por la agroindustria asentada en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, intitulada **EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL: UN ENFOQUE BIOECONÓMICO**.

En el periodo 2005 a la fecha, ha participado en eventos científicos difundiendo sus trabajos de investigación referidos.

EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL: UN ENFOQUE BIOECONÓMICO

TECHNICAL AND FINANCIAL EVALUATION OF COMPOSTING SPECIAL WASTE: A BIOECONOMIC APPROACH

Brenda Cárcamo Rico¹ y Gerónimo Barrios Puente²

RESUMEN

La producción mexicana de residuos sólidos es de 37 millones de toneladas anuales, 52% es orgánico. El Distrito Federal, ubicado en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) genera 12,000 toneladas diarias de residuos, que son confinados en el relleno sanitario Bordo Poniente, que será clausurado debido a que su vida útil ha finalizado. Una alternativa orientada al manejo de los residuos orgánicos con tecnologías ambientalmente limpias identifica al compostaje; así bajo el enfoque de la bioeconomía se evalúa una planta de compostaje de residuos de manejo especial con capacidad de procesar 20,000 toneladas de residuos orgánicos/año, como una oportunidad de negocios, los indicadores financieros arrojan una TIR de 101%, un VAN de \$21,248,603.77, una R B/C de 2.69 y un punto de equilibrio de 2,304 toneladas anuales; esta propuesta es viable técnica y financieramente, resuelve problemas ambientales, produce insumos, genera empleo y transita hacia la bioeconomía. En el municipio de Texcoco existen 5261 hectáreas con temperaturas superficiales que oscilan de 50° a 64°C, ahí es factible emplazar dichas plantas de compostaje.

Palabras clave: residuos de manejo especial, residuos orgánicos, compostaje, abonos orgánicos.

ABSTRACT

Mexico produces 37 million tons of solid waste annually, of which 52% is organic. The Federal District, located in the Metropolitan Zone of Mexico City, generates 12,000 tons of waste daily, which is dumped at the Bordo Poniente landfill site, which will be closed as its useful life has ended. One option for handling organic waste using environmentally clean technologies is composting. Thus, using the bioeconomic approach, this research evaluates, from a business perspective, a special waste management composting plant capable of processing 20,000 tons of organic waste per year. The financial indicators are: IRR 101%, NPV \$21,248,603.77, B/C of 2.69 and an equilibrium point of 2,304 tons annually. This proposal is technically and financially feasible as it solves environmental problems, produces organic inputs, creates employment, and incorporates bioeconomic principles. In the municipality of Texcoco, there are 5,261 hectares where surface temperatures oscillate between 50° to 64°C, making it feasible to establish composting plants there.

Key words: special waste management, organic waste, composting, organic fertilizers.

¹ Autor

² Director

ÍNDICE

	Pág
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Justificación del estudio.....	5
1.4 Objetivos e hipótesis.....	9
1.4.1 Objetivo general.....	9
1.4.2 Objetivos particulares.....	9
1.4.3 Hipótesis.....	10
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1 El concepto residuo.....	11
2.2 Síntesis histórica.....	13
2.3 Estudio de los residuos en México.....	15
2.4 Generación de residuos.....	18
2.5 Composición de los residuos sólidos.....	24
2.5.1 Vidrios.....	25
2.5.2 Plásticos.....	26
2.5.3 Metales.....	27
2.5.4 Otro tipo.....	28
2.5.5 Fracción biodegradable.....	29
2.5.5.1 Papel.....	29
2.5.5.2 Residuos de la industria textil.....	30
2.5.5.3 Fracción orgánica.....	31
2.6 Marco legal para el manejo de los residuos sólidos.....	34
2.6.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	35
2.6.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos...	36
2.6.3 Código para la Biodiversidad del Estado de México.....	37
2.6.4 Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.....	37
2.6.5 Ley de Productos Orgánicos.....	37
2.7 Compostaje.....	39
2.7.1 Composta.....	40
2.7.2 Materiales para el compostaje.....	42
2.7.3 Aditivos para mejorar el compostaje.....	42
2.7.4 Patógenos.....	43
2.7.5 Proceso de compostaje.....	45
2.8 Casos exitosos de compostaje.....	46
2.9 El recurso natural suelo.....	52
2.9.1 Suelo.....	53
2.9.2 Humus.....	55
2.9.3 Nitrógeno en el suelo.....	56
2.9.4 Fósforo en el suelo.....	57
2.9.5 Potasio.....	58
2.10 Entorno nacional de los fertilizantes químicos.....	60
2.10.1 Cadena industrial de fertilizantes.....	61
2.10.1.1 Productores nacionales.....	61

2.10.1.2 Importadores.....	62
2.10.1.3 Distribuidores locales.....	62
2.10.1.4 Detallista.....	63
2.10.1.5 Ingenios azucareros.....	63
2.10.1.6 Sector público.....	63
2.11 Bioeconomía.....	63
2.12 Análisis financiero.....	65
2.12.1 Tipos de evaluación.....	66
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	69
3.1 La Región de estudio.....	69
3.2 Metodología.....	70
3.2.1 Concepto del proyecto.....	71
3.2.2 Evaluación técnica.....	73
3.2.3 Evaluación financiera.....	73
3.2.3.1 Valor actual neto.....	74
3.2.3.2 Relación beneficio – costo.....	74
3.2.3.3 Tasa interna de retorno.....	74
3.2.3.4 Punto de equilibrio.....	75
3.2.4 Cartografía.....	76
3.3 Presentación de resultados.....	77
CAPITULO IV. RESULTADOS.....	78
4.1 Evaluación técnica.....	78
4.1.1 Tamaño de la planta de compostaje.....	78
4.1.2 Sistema de gestión.....	78
4.1.2.1 Generación de residuos.....	78
4.1.2.2 Prerrecogida.....	79
4.1.2.3 Recogida.....	79
4.1.2.4 Recepción en la planta de compostaje.....	79
4.1.2.5 Procesamiento.....	79
4.1.2.6 Materiales.....	79
4.1.3 Volumen procesado.....	80
4.1.4 Composición de la materia prima.....	82
4.1.5 Características físico – químicas del abono.....	82
4.2 Ingeniería del proyecto.....	84
4.2.1 Costos de disposición.....	84
4.2.2 Descripción del proceso.....	85
4.3 Localización óptima de la planta de compostaje.....	89
4.4 Evaluación financiera.....	91
4.4.1 Coeficientes técnicos.....	92
4.4.2 Inversión fija.....	93
4.4.3 Capital de trabajo.....	94
4.4.4 Inversión diferida.....	96
4.4.5 Presupuesto de inversión.....	96
4.4.6 Programa de inversión.....	98
4.4.7 Proyección de ingresos.....	100
4.4.8 Impacto neto del proyecto.....	106
4.5 Análisis de mercado.....	108

4.5.1 Descripción del producto.....	108
4.5.2 Producción agrícola nacional.....	109
4.5.3 Mercado.....	110
4.5.3.1 Necesidades de nutrientes.....	110
4.5.3.1.1 Nitrógeno.....	115
4.5.3.1.2 Fósforo.....	116
4.5.3.1.3 Potasio.....	117
4.5.3.2 Rehabilitación de suelo.....	117
4.5.3.3 Campos de golf.....	118
4.5.3.4 Hoteles.....	119
4.5.3.5 Arquitectura del paisaje.....	119
4.5.3.6 Canales de comercialización.....	119
4.5.3.7 Comportamiento del productor.....	120
4.5.3.8 Análisis de la competencia.....	121
4.5.3.9 Productos.....	123
4.5.3.10 Precios.....	123
4.5.3.11 Plaza.....	123
4.5.3.12 Promoción.....	123
4.5.3.13 Servicios.....	123
CAPITULO V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	124
5.1 Generación de residuos.....	124
5.2 Casos exitosos.....	125
5.3 Unidad de gestión ambiental.....	126
5.4 Problemática ambiental de la zona oeste de Texcoco.....	128
5.5 Forestación de la unidad de gestión ambiental.....	129
5.6 Infraestructura para el manejo de residuos orgánicos.....	129
5.7 Evaluación financiera.....	131
CAPITULO VI. CONCLUSIONES.....	132
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES.....	134
CAPITULO VIII. LITERATURA CONSULTADA.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Destino final de los residuos mexicanos.....	18
Figura 2. Promedio nacional de la generación de residuos kg/habitante/día, 1994 a 2007.....	19
Figura 3. Distribución porcentual por entidades federativas de la generación nacional de residuos.....	20
Figura 4. Promedio nacional de la generación de residuos por zonas metropolitanas y ciudades, en el periodo de 1997 a 2006.....	21
Figura 5. Incremento porcentual de la generación de residuos en México, de 1998 a 2007.....	22
Figura 6. Generación de residuos en los municipios del Estado de México..	23
Figura 7. Generación de residuos en el Distrito Federal, por delegación en el año 2006.....	24
Figura 8. Composición media nacional de los residuos sólidos municipales en México.....	25
Figura 9. Producción anual de vidrio en los residuos sólidos urbanos de México.....	26
Figura 10. Producción de plásticos en los residuos sólidos urbanos de México.....	27
Figura 11. Producción de metales en los residuos sólidos urbanos de México.....	28
Figura 12. Comportamiento de los desechos que califican como otros residuos en México.....	28
Figura 13. Generación de papel y cartón como residuo sólido municipal en el periodo 1992 – 2007 en México.....	30
Figura 14. Generación de residuos textiles en los desechos sólidos urbanos de México.....	31
Figura 15. Producción de la fracción orgánica en los residuos sólidos urbanos de México.....	32
Figura 16. Comportamiento de la temperatura y población microbiana en el proceso de compostaje.....	45
Figura 17. Distribución de la materia orgánica en los suelos de México	55
Figura 18. Distribución espacial del contenido de nitrógeno en los suelos de México.....	57
Figura 19. Distribución espacial del fósforo en los suelos agrícolas de México.....	58
Figura 20. Distribución espacial del Potasio en los suelos agrícolas de México.....	59
Figura 21. Cuenca de México, uso del suelo y mancha urbana.....	70

Figura 22. Diagrama de flujo para el estudio de la problemática ambiental..	72
Figura 23. Participación porcentual de los residuos de manejo especial en Abonos y Sustratos Orgánicos de México S. P. R. de R. L.....	81
Figura 24. Composición de la materia prima proveniente de residuos de manejo especial útiles en el compostaje.....	82
Figura 25. Flujo del proceso en el sistema de compostaje de hileras con volteo.....	85
Figura 26. Esquema de una pila de compostaje, el núcleo es una zona de alta temperatura, la corteza de baja temperatura.....	87
Figura 27. Unidades ambientales del municipio de Texcoco, construidas en base a la temperatura superficial del suelo.....	91
Figura 28. Producción de fertilizantes nitrogenados en México en el periodo 1990-2000.....	113
Figura 29. Comportamiento de las importaciones mexicanas en miles de toneladas métricas.....	114
Figura 30. Comportamiento de los volúmenes de Nitrógeno aplicado en la agricultura mexicana en el periodo 1973-2006.....	115
Figura 31. Comportamiento de las importaciones mexicanas de los fertilizantes nitrogenados.....	115
Figura 32. Comportamiento de los volúmenes de fósforo aplicado en la agricultura mexicana en el periodo 1973-2006	116
Figura 33. Comportamiento de las importaciones mexicanas de los fertilizantes fosforados.....	116
Figura 34. Comportamiento del potasio aplicado en la agricultura mexicana en el periodo 1973-2006.....	117
Figura 35. Asociación de halófitas en el área del ex lago de Texcoco. Se aprecian <i>Suaeda torreyana</i> , en primer término, y el pasto <i>Distichlis spicata</i>	128

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Temperatura y tiempo de exposición necesario para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes.....	44
Cuadro 2. Elementos esenciales requeridos por las plantas.....	54
Cuadro 3. Principales países exportadores de fertilizantes en México.....	61
Cuadro 4. Recepción de residuos de manejo especial en abonos y sustratos Orgánicos de México, S. P. R. de R. L.....	81
Cuadro 5. Características físico – químicas del abono orgánico, obtenido a partir de residuos orgánicos agroindustriales.....	83
Cuadro 6. Estructura del presupuesto de inversión fija de una planta de compostaje.....	93
Cuadro 7. Estructura de la inversión líquida del capital de trabajo para el establecimiento y puesta en marcha de una planta de compostaje.....	94
Cuadro 8. Estructura de la inversión de capital de trabajo.....	95
Cuadro 9. Necesidades de inversión diferida.....	96
Cuadro 10. Presupuesto de inversión de una planta de compostaje con capacidad de 20,000 toneladas/año.....	97
Cuadro 11. Diagrama de Gantt para el establecimiento de la planta de compostaje.....	99
Cuadro 12. Proyección de ingresos y egresos nivel mensual para el año de instalación y preparación de la planta de compostaje.....	101
Cuadro 13. Proyección de ingresos y egresos nivel mensual.....	103
Cuadro 14. Flujo de efectivo a nivel mensual del flujo líquido de capital de trabajo para la etapa de puesta en operación de la planta de compostaje.....	104
Cuadro 15. Flujo de efectivo a nivel mensual del capital de trabajo para una planta de compostaje.....	105
Cuadro 16. Estado de resultado pro-forma del proyecto.....	105
Cuadro 17. Evaluación financiera a 10 años, de una planta de compostaje de tipo industrial.....	107
Cuadro 18. Plantas de compostaje identificadas.....	121

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo enfrenta un escenario preocupante: crecimiento metropolitano en las economías emergentes, signos de agotamiento de los yacimientos de petróleo, crisis financiera y alimentaria, producción de bioenergéticos y cambio climático, estos dos últimos afectan la seguridad alimentaria. El primero se traduce en el incremento de la demanda de maíz y oleaginosas y el segundo en la reducción de la oferta de alimentos a causa de un desastre natural, causando una reducción en la disponibilidad de alimentos, así como su encarecimiento.

Este escenario se complica con el agotamiento del petróleo, que incrementa sus precios y los de sus derivados. Es precisamente el caso de los fertilizantes nitrogenados principal insumo para la agricultura convencional que por ejemplo en el año 2007 la urea tenía un precio de \$4,670.00/tonelada, mientras que en 2008 llegó a \$7,280.00/tonelada, lo cual por una parte incrementa el costo de producción y en consecuencia de los alimentos, y por la otra los altos precios de estos insumos afecta a todos los productores agrícolas, ocasionando que dejen de fertilizar o fertilicen menos; por lo que existe el riesgo de no producir alimentos o reducir su oferta.

En 1972 comienza a consolidarse una nueva tendencia por el cuidado del ambiente; surge el ecodesarrollo y el sector orgánico certificado, quienes promueven tecnologías ambientalmente limpias con el propósito de mitigar el calentamiento global, consumir productos sanos, libres de agroquímicos, donde insumos como los fertilizantes químicos son sustituidos por abonos orgánicos, productos de la transformación de la materia orgánica.

La humanidad, a través del desarrollo histórico ha tenido la oportunidad de descubrir métodos, medios e instrumentos que le permiten conseguir cada vez más fácilmente los productos que necesita para vivir; sin embargo, no ha sabido mediar entre la tecnología y el cuidado del ambiente.

El siglo XX se consideró el siglo de la tecnología, de los grandes descubrimientos en casi todas sus ramas; también es el siglo de la contaminación, situación que obliga a la sociedad a buscar alternativas que coadyuven a la preservación del ambiente y de los recursos naturales, de tal forma que el patrón de confort pueda continuar en armonía con el entorno natural. En 1992, en la reunión Cumbre de la Tierra se acuñó el concepto de desarrollo sustentable, con lo cual inicia el proceso de Legislación Ambiental y el cuidado formal del ambiente.

Los antecedentes de la situación que nos ocupa son más remotos, la acumulación de residuos es posible que iniciara unos 10,000 años A. C., a finales del paleolítico e inicios del neolítico, cuando el hombre ya construía casas, pasaba temporadas más largas en su hogar y comenzó a acumular los primeros residuos domiciliarios (Porting, 1992). Hoy el concepto de basura, se refiere a los desperdicios sólidos generados por la actividad antropogénica, ya sea en la casa, en el comercio, en la industria, en la oficina, en los sitios recreativos, en lugares públicos o en cualquier otro lugar.

Los residuos tienen un ciclo de producción, transformación y consumo, que de acuerdo a sus características físicas y químicas pueden ser contaminantes, infectocontagiosos, o peligrosos. La basura se vuelve dañina en la medida que su manejo y disposición final es inadecuado; es común deponerla sin valorar el efecto adverso sobre el ambiente incluso en la salud humana.

Una alternativa, muy rentable en apariencia, para el caso de la fracción orgánica, es su aprovechamiento para la producción de abonos orgánicos y sustratos, donde la técnica del compostaje es clave. Este aspecto ha sido abordado metodológicamente por diversos investigadores, por ejemplo Bertoldi, Ferranti y Zucconi (1986), quienes analizan diferentes experiencias para la producción de abonos, así como los criterios *para la calidad del producto*; Balis *et al.* (1992), *presentan un panorama amplio de los sistemas de compostaje y las aplicaciones de los productos que se obtienen mediante este procedimiento.*

La Bioeconomía, cambio paradigmático de la evolución de las disciplinas Economía y Biología, cuya principal tarea es investigar los problemas que surgen del impacto de la empresa humana sobre el medio ambiente; argumenta que estos problemas no se deben sólo a causas puramente biológicas ni económicas; sino a las interacciones entre estas causas; es decir son bioeconómicas. La Bioeconomía vista de manera práctica, determina el umbral de la actividad socioeconómica para la cual un sistema biológico podría ser utilizado sin destruir las condiciones necesarias para su regeneración y su sustentabilidad (Monhammadian, 2003). El tema que se presenta es una oportunidad de caso que ejemplifica con claridad los beneficios de la unión de estas dos disciplinas y con base a este autor, una vez que la agroindustria produce sus bienes genera residuos, que en el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se han constituido indebidamente en un conflicto social, pero el proceso biológico conocido como compostaje ofrece viabilidad y sustentabilidad a la agroindustria, además de generar opciones productivas a tierras ociosas, generar empleo y producir sustitutos de los fertilizantes químicos.

En esta nueva visión, la producción de mejoradores de suelos: abonos orgánicos, sustratos y enmiendas húmicas, son actividades productivas que de realizarse en predios de 5000 a 10,000 m² requieren la presentación de un Informe Previo de Impacto Ambiental, en apego a la legislación del Estado de México, que la concibe como plantas de tratamiento de residuos sólidos municipales. La Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 (SMA, 2006) define los requisitos para la producción de mejoradores a partir de residuos orgánicos, donde destaca: (a) contar con suficiente terreno para áreas como: recepción de materia prima (residuos orgánicos); (b) patio de maniobras; (c) sección de transformación o tratamiento; (d) área de almacenamiento temporal de materiales rechazados; (e) almacén temporal de producto final; (f) caseta de vigilancia; y (g) otras instalaciones.

La presente investigación considera este enfoque para ofrecer una alternativa de manejo a los residuos orgánicos, que hoy no encuentran sitios de disposición en la ZMCM, mediante técnicas de producción que apunten hacia una agricultura

sustentable para las distintas condiciones ambientales del país, en particular para el Estado de México.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo industrial de la sociedad ha traído enormes beneficios para la vida cotidiana del ser humano, pero también grandes retos como el manejo responsable de las miles de toneladas de residuos que a diario se generan, principalmente en las ciudades del país, por los ciudadanos, la industria y los establecimientos comerciales.

Los países europeos como Alemania, Holanda, Suecia y Bélgica prácticamente han eliminado el problema ambiental de la acumulación de desechos, para ello han acudido a métodos de reciclado y procesamiento de los residuos, en el caso de los materiales orgánicos son convertidos en composta; sin embargo, México es el país que más residuos pone bajo tierra.

La producción de residuos en México se estima en aproximadamente 37 millones de toneladas anuales, lo que representa una generación diaria *per cápita* de 0.95 kilogramos (INEGI, 2007a). La entidad con mayor producción *per cápita* es el Distrito Federal con 1.43 (INEGI, 2007a), seguido por algunos estados que se encuentran en la frontera norte como Baja California, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas, donde la generación es de 1.05 kilogramos diarios por persona. En la ZMCM la generación diaria de basura supera las 12 mil toneladas (INEGI, 2004), éstas regularmente son trasladadas a rellenos sanitarios, donde se confinan para evitar mayores daños al ambiente y al ciudadano; sin embargo, con frecuencia el tratamiento que se realiza es inadecuado, tras acumularse toneladas de residuos orgánicos ocurre el proceso de fermentación y con la precipitación pluvial se genera una sustancia llamada lixiviado, líquido altamente dañino capaz de perjudicar la salud y contaminar el agua subterránea.

En la ZMCM, existen 6,814 unidades económicas, que generan residuos de manejo especial, que de acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos publicada el 22 de Mayo de 2006, son: 5% de cárnicos; 39% lácteos; 1.8% de conservas; 0.3% de la industria azucarera; 6% de la producción de bebidas; y 47.9% de la industria de la madera. La alta concentración y lo grande de los volúmenes representan una oportunidad para su aprovechamiento, cuya transformación mediante técnicas ecológicas, como el compostaje y la lombricultura permitirá abatir el problema de su manejo y producir insumos para la agricultura convencional y orgánica. Hoy en día el concepto de basura puede adquirir un nuevo estatus epistémico, constituyéndose en materia prima para producir insumos para la agricultura, los cuales pueden ser sustitutos de los derivados del petróleo. Es el caso de los fertilizantes químicos como la urea, los fosfatos amónicos, de los cuales el país importa alrededor de 3 millones de toneladas al año (ANACOFEEER, 2006).

Para el caso del oriente del Estado de México representa una oportunidad para construir una relación campo-ciudad, en las tierras ejidales improductivas pueden establecerse empresas de producción de abonos orgánicos, que pudieran recibir esos desechos de manejo especial de tipo orgánico procedentes de las industrias establecidas en la ZMCM. Un esquema como éste permitiría generar opciones productivas en los ejidos y garantizaría el funcionamiento de las empresas generadoras de residuos orgánicos.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La crisis energética que se ha presentado en los últimos años ha elevado los precios de los fertilizantes químicos. La producción de residuos en los últimos quince años ha crecido 67% respecto a 1992, lo que representa una generación de 36.8 millones de toneladas de residuos/año en el país.

Ante el incremento poblacional, volúmenes elevados de residuos, incremento en los precios de los fertilizantes, ingentes necesidades de producción de alimentos, se hace necesaria la utilización agrícola de los residuos orgánicos como una vía para

suministrar elementos nutritivos a los cultivos y atender la degradación ambiental causada por el manejo inapropiado de los residuos.

En México la producción de fertilizantes de síntesis química se realiza mediante el aprovechamiento de recursos naturales: gas natural, azufre, roca fosfórica y sales potásicas (Tisdale y Nelson, 1982). El gas natural se encuentra en yacimientos y asociado al petróleo, de ahí se obtiene amoníaco el cual es la base para los fertilizantes nitrogenados que se producen en el país. Los fertilizantes de síntesis química que se comercializan en el país predominantemente son nitrogenados, alrededor del 73% (nitratos, amoniacales y urea); los fosforados alcanzan un 25% (superfosfato triple, superfosfato simple, fosfato diamónico, fosfato monoamónico y fosfato cálcico), los potásicos representan alrededor de un 2% (cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio).

La integración de la industria de fertilizantes fue iniciada por el Estado mexicano a partir de 1965; de 1978 a 1982 se realizó la construcción de grandes complejos industriales, el presidente López Portillo (1976 - 1982) desarrolló una política de comercialización de fertilizantes por debajo de los costos de producción y del precio internacional.

Con Miguel de la Madrid se impulsa una política de corte neoliberal, se reduce la inversión y el gasto público, se privatizan las empresas estatales, se acelera la apertura comercial, se contraen los salarios. Los fertilizantes de síntesis química sufren impactos, de 1983 a 1987 se cerraron 16 plantas productivas; inicia la política de incrementar los precios de los fertilizantes. Entre 1991 y 1992 el gobierno federal vendió a la iniciativa privada la planta industrial de fertilizantes, empresa estatal conocida como FERTIMEX (Avila *et al.*, 2002; Rueda, 1991).

La situación actual de la industria de fertilizantes químicos mexicanos, obliga a identificar alternativas de producción, donde destacan los abonos de origen orgánico que se pueden obtener de los residuos de origen animal y vegetal, mediante

procesos de transformación que pueden ayudar a atender el problema ambiental de acumulación de residuos y puede ser una estrategia de abasto de abonos para las tierras agrícolas.

La agricultura orgánica certificada nace en 1972, ha tenido un desarrollo mundial y nacional; en 1993 en México se contaba con 23 mil hectáreas certificadas y para el año 2000 la cifra superaba las 100 mil hectáreas (Gómez y Schewentesius, 2007); la tendencia de crecimiento continúa para 2007, en opinión de Gómez y Schewentesius se cultivaron 545,000 ha con la participación de 126,000 productores.

Actualmente existe una problemática en el manejo y la disposición de los residuos orgánicos, que radica en todos los niveles de la sociedad, la cual no manifiesta preocupación hacia su manejo, como es el caso de la agroindustria que diseña, manufactura y empaca productos con muy poca consideración de cómo serán eliminados los residuos, incluyendo los que se generan en el proceso de producción.

La solución es reducir la generación del volumen de residuos, ello requiere educación y conciencia ambiental. Mientras no se logre debemos atender el manejo, reciclado y disposición final, en particular de los componentes orgánicos, puesto que en el futuro en el país se deberá transitar hacia una gestión de los residuos, concebida como la recolección, almacenamiento, transporte, valorización, aprovechamiento y transformación, incluyendo la vigilancia de los sitios de disposición, aún después de que hayan sido cerrados de manera definitiva.

Construir estas oportunidades de negocio requiere de etapas: (a) selección de los residuos orgánicos; (b) zonificación de espacios para el proceso de compostaje; (c) identificación de campesinos y productores rurales dispuestos a participar en la transformación de los residuos; (d) desarrollo de una política sectorial para apoyar la inversión rural, la realización de investigación que conduzca a aumentar la eficiencia del compostaje y de la producción agrícola bajo manejo orgánico, disminuir la degradación de suelos y en general la contaminación; (e) encontrar un binomio

campo-ciudad, donde la ciudad demanda alimentos y es generadora de residuos, mientras que el campo exige opciones productivas. En este contexto es preciso construir una propuesta alterna a la elaboración de los fertilizantes de síntesis química que consume recursos energéticos y minerales, que es altamente contaminante y está asociada a sistemas de producción agrícola que se basan en el uso intensivo de agroquímicos. La producción de abonos orgánicos además de ser una opción en la agricultura del minifundio, así como en la agricultura orgánica, contribuye a atender el problema ambiental, tecnológico y social de los residuos orgánicos, proporciona nutrientes para los cultivos y mejora la actividad biológica de los suelos.

En esta relación campo-ciudad, el caso de la ZMCM, ante el próximo cierre definitivo del relleno sanitario del *bordo poniente*, así como el avance de la urbanización de las áreas de los municipios conurbados, por ejemplo Texcoco, y en general el oriente del Valle de México, donde éstas áreas desempeñan diversas funciones ambientales, es necesario intensificar la alternativa de hacer producir la tierra garantizando la producción a largo plazo sin el peligro de destruir el ambiente. Esta problemática requiere evaluar el emplazamiento de plantas de compostaje de residuos de manejo especial como una oportunidad de negocios dentro de la bioeconomía, donde se elabore un documento: que plasme la cantidad generada de residuos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, definiendo y estratificando los residuos con base a la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**, enfatizando en los residuos de Manejo Especial, que identifique los espacios adecuados en el oriente del Valle de México para establecer plantas de compostaje; que describa las técnicas ecológicas para el aprovechamiento de los residuos de manejo especial mediante compostaje bajo el marco que rige la Normatividad del establecimiento de una planta de compostaje y evaluar financieramente el aprovechamiento de los residuos de manejo especial, la prevención del impacto ambiental del establecimiento de esta planta, así como la alternativa de un proceso comercial para la producción de abonos orgánicos, sustratos y enmiendas húmicas como insumos de la agricultura orgánica, bajo la

normatividad del Reglamento CEE 90/91 relativo a la agricultura orgánica, Reglamento del Programa Orgánico de los Estados Unidos (NOP) y la Ley de Productos Orgánicos de México.

La importancia de elaborar un estudio como el descrito, radica en la alternativa que representa para la agroindustria generadora de residuos orgánicos, donde trasladar a la agroindustria a otra entidad generaría desempleo en la ZMCM; para los campesinos del oriente del Valle de México puede ser una opción productiva, particularmente de aquellos asentados en el ex Lago de Texcoco, cuyas tierras son salinas y tienen fuertes limitaciones para el desarrollo de una agricultura próspera.

Para las empresas asentadas en la zona urbana contar con alternativas para la disposición de estos residuos resulta una opción de manejo y de supervivencia ante el inminente incremento en el costo de disposición; para los campesinos de la región esta problemática es una oportunidad para organizarse y establecer empresas sociales orientadas al aprovechamiento de residuos orgánicos, materia prima fundamental para la producción de insumos utilizados en la agricultura.

1.4 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar como una oportunidad de negocio el compostaje de tipo industrial dirigido al aprovechamiento de los residuos de manejo especial provenientes de agroindustrias de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

1.4.2 Objetivos particulares

Identificar espacios adecuados para el establecimiento de plantas de compostaje en el corredor salino del ex – Lago de Texcoco.

Revisar los procedimientos normativos internacionales y nacionales para la elaboración de abonos en la agricultura orgánica.

Describir la ingeniería para el aprovechamiento mediante compostaje de residuos orgánicos agroindustriales utilizando un sistema abierto de compostas con el método de hileras con volteo.

Evaluar técnica y financieramente un esquema de planta de compostaje de residuos orgánicos agroindustriales bajo una visión comercial para la producción de abonos orgánicos, sustratos y enmiendas húmicas como insumos de la agricultura orgánica.

1.4.3 Hipótesis

La evaluación de una planta de compostaje como una oportunidad de negocios en el contexto de la bioeconomía mediante un diseño de alianzas entre agroindustrias y procesadores de residuos es viable técnica y financieramente.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El concepto residuo

El diccionario de la Real Academia española define residuo como el material que queda como inservible después de realizar un trabajo u operación.

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2005), señala que los residuos son materiales generados en las actividades de producción y consumo, que no han alcanzado un uso económico en el contexto en el que son producidos.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2006), define como residuo, aquel material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos y que puede ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la Ley y demás ordenamientos que de ella deriven.

De manera general se puede comprender que residuo es todo aquel material resultante de un proceso de fabricación, eliminación, transformación, utilización, uso, consumo, caducidad, limpieza y restauración; tomando la connotación de residuo cuando su poseedor o su productor lo abandona.

En México los residuos sólidos, de acuerdo a la *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2006)*, conforme al artículo 5, se estratifican en cuatro categorías, a saber:

- (a) **Residuos de manejo especial.** Generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por los grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

En esta categoría se ubican los provenientes de la agroindustria, los supermercados, la industria de los alimentos, entre otros.

(b) Residuos peligrosos. Poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieren a otro sitio, de conformidad con lo que establece dicha Ley.

(c) Residuos incompatibles. Se caracterizan porque, al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos; y

(d) Residuos sólidos urbanos. Son los generados en las casa- habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por dicha Ley como residuos de otra índole.

El término basura se utiliza desde el punto de vista de manejo administrativo y conduce a una visión de algo inservible, que no tiene utilidad y por lo tanto debe eliminarse. Cuando se aborda el concepto de residuos sólidos, se hace desde una visión de gestión integral, donde los desechos pueden ser aprovechados e integrados de nuevo a los ciclos productivos de la sociedad.

2.2 Síntesis histórica

La generación de residuos ha sido una característica distintiva de toda la sociedad humana, generando a través del tiempo riesgos a la salud humana y contaminación ambiental.

Los residuos se originan desde de la prehistoria cuando diferentes grupos dedicados a la caza y recolección acumulaban los residuos en cuevas; en el Paleolítico superior los residuos estaban conformados por desechos procedentes de la fabricación de herramientas de piedra que al quedarse sin filo eran abandonadas; sin embargo, los residuos generados eran mínimos debido a que no eran grupos numerosos (Arias y Armendáriz, 2000).

Con la llegada de la agricultura por el año 10,000 A. C., se fundaron los primeros asentamientos humanos, con ello se incrementó la población, la generación de residuos y apareció el problema de qué hacer con ellos (Arias y Armendáriz, 2000).

Para el año 4000 A. C., la atención a los residuos de la actividad humana fue una obligación del gobierno; en China se establecieron los primeros servicios de recolección; en Europa aparecieron los primeros pepenadores, que rescataban de los residuos domésticos productos de difícil adquisición en la época; la civilización minoica de la isla mediterránea de Creta entre los 3000 y 1000 A. C., estableció la primera propuesta de solución ya que han encontrado vestigios de rellenos sanitarios rudimentarios. Para el año 500 A. C., la civilización griega tenía que solucionar un problema urbano: disponer de los residuos de más de 300 mil habitantes, esto generó la primera regulación sanitaria, consistió en que los residuos debían ser arrojados a 1.5 kilómetros de la ciudad. En la Edad Media, los centros urbanos aglutinaron los desperdicios en calles y baldíos, provocando pestilencias, animales nocivos y enfermedades, ejemplo de ello es la peste bubónica (Lund, 1993).

Con la llegada del desarrollo industrial, las actividades manufactureras intensivas crearon un nuevo tipo de residuos: desperdicios metálicos, sobrantes de textiles,

cenizas y vapores en grandes volúmenes que no podían ser arrojados a la calle. Entonces en 1848 Inglaterra emitió la primera regulación sobre residuos, que establecía un servicio de limpia a cargo el gobierno para el tratamiento de los desperdicios; en 1900, Viena contaba con un sistema de reciclado de desechos orgánicos formado por cerdos, estos se alimentaban de ellos, produciendo carne (Lund, 1993).

A finales de la segunda guerra mundial, inició una bonanza económica en las naciones de Europa y Estados Unidos, provocando un aumento en el consumo de todo tipo de bienes como televisores, planchas, refrigeradores y teléfonos, lo que en un mediano plazo generó consecuencias ambientales por la composición de los materiales con los que eran fabricados.

Para mediados del siglo XIX se comenzó a comercializar productos derivados del hule y del petróleo: el caucho vulcanizado en 1839, la baquelita en la década de 1910, el nylon, poliuretano y acrílico en la década de 1930 que debido a su composición molecular basada en cadenas de compuestos llamados hidrocarburos, proporcionaba distintas calidades de flexibilidad y resistencia, haciéndolos de gran utilidad pero al mismo tiempo de difícil degradación; también se comenzaron a comercializar automóviles, electrodomésticos y artículos de limpieza; además comenzaron a producirse sustancias químicas como pesticidas, aditivos, pinturas, ácidos y solventes, materiales que al liberarse en la naturaleza tienen la capacidad de contaminar grandes extensiones de tierra y agua, sumado a esto se dió el crecimiento de las grandes urbes y por ende un crecimiento en la generación de residuos domésticos (Jiménez, 2001).

Ante esto, la tecnología para su procesamiento no sufrió cambios, en el siglo XX continuaron los tiraderos a cielo abierto, los cuales eran incinerados con las consecuencias de la contaminación; ésto fue la práctica en las ciudades del mundo hasta la década de 1950, año en que en Estados Unidos aparecieron los primeros rellenos sanitarios, instalaciones que a diferencia de los tiraderos a cielo abierto,

contienen la basura en compartimentos cerrados llamados celdas, que evitan la filtración de lixiviados y la penetración de lluvia gracias al uso de capas de plástico llamadas geomembranas (Trejo, 1994).

En 1980 se desarrolla la técnica llamada pirólisis por la empresa Balboa Pacific, la cual consiste en aplicar calor ambiental sin oxígeno; en Austria se crea el sistema de mineralización el cual consiste en adicionar un derivado de sílice para generar un sustrato para las plantas; en 1990 la empresa japonesa Elbara Corporation lanza un sistema llamado antorcha de plasma, que por medio de un chorro de gas eléctricamente cargado somete a los desechos orgánicos e inorgánicos a temperaturas de hasta 100,000°C, con lo que evaporan todos los materiales tóxicos, resultando del proceso un gas rico en elementos combustibles que pueden generar energía eléctrica (Trejo, 1994).

2.3 Estudio de los residuos en México

En la época prehispánica existían normas que limitaban la generación de basura, en Tenochtitlán se comercializaba sólo en los mercados y no se permitía tirar desechos en las calles. Existía un aprovechamiento de los residuos, que alcanza su máxima expresión con las chinampas, las cuales se construyeron a manera de un islote flotante, cuyo abonamiento se practicaba con limo extraído de los propios canales (Gracia, *et al.*, 1998). En el México prehispánico el uso de residuos y la conservación de la fertilidad del suelo en el Valle de México fue a base de incorporación de peces muertos, huesos de pescado y otros desechos; estas prácticas, explican en parte la clasificación de tierras, v. gr.: (a) **tlalauiac**, suelos abonados con estiércol; (b) **atoctli**, su fertilidad se atribuía a condiciones aluviales; (c) **quauhtlalli**, suelos enriquecidos con hojarasca y árboles caídos; y (d) **tlazotlalli**, su fertilidad la debían a la acumulación de herbáceas (Gibson, 2000).

Para la época colonial la historia refiere que en 1789 Revillagigedo estableció un sistema de limpia en la Ciudad de México; en el Siglo XIX el servicio de recolección de basura se ofrecía con el apoyo de 80 carretones tirados por tracción animal y,

para 1929 además de 190 carretones de 2.5 m³ se contaba con camiones, tractores y remolques para la recolección de basura (Aguilar y Salas, 1993).

A inicios de los 80 en México Ivan Restrepo y David Phillips, son los primeros investigadores que comienzan a construir una nueva percepción de los residuos sólidos de origen urbano, con esta visión de analizar a la sociedad de consumo se inició la reflexión en círculos científicos y en los ambientalistas sobre el problema de la basura. Restrepo y Phillips (1982), destacan la composición de los desechos sólidos y señalaban que para el Distrito Federal el espacio disponible para los rellenos sanitarios era limitado; que los desechos orgánicos constituían un riesgo de contaminación de los mantos freáticos, por lo que sugerían la reutilización de los desechos orgánicos, toda vez que se estaban produciendo 2103 gramos diarios de residuos domésticos por familia, donde los orgánicos alcanzaban el 55% de la composición.

Años más tarde Deffis (1989), reportaba que las características de los desechos cambiaban de una alta proporción de biodegradables a elementos de lenta y difícil degradación; para el volumen total de basura generado, advertía que no se contaba con una disposición adecuada, situación que representaba un problema ambiental.

El problema de los residuos sólidos en México es creciente en 1979 existían seis tiraderos: (1) Santa Cruz Meyehualco; (2) Santa Fe; (3) Tarango; (4) San Mateo Nopala; (5) Milpa Alta; y (6) Cerro de la Estrella. La capacidad era de 9,600 toneladas diarias, **los pepenadores separaban materiales que eran acaparados por su líder Rafael Gutiérrez Moreno**. En 1983, se cerró Santa Cruz Meyehualco y se abren: Santa Catarina y Bordo Xochiaca, que se suman a los existentes. En estos tiraderos vivían y laboraban 15,000 pepenadores, sobre los cuales prevalecía un control caciquil, aunado al crecimiento de la producción de residuos municipales, la contaminación visible de estos **lugares y la riqueza creciente de Rafael Gutiérrez Moreno, quién murió en 1987**, dejando un vacío de poder, coincidiendo con el inicio en México del discurso ecológico sobre los desechos sólidos.

Castillo (1983 y 1990), presenta un amplio panorama de la basura y el caciquismo alrededor de ella, describe el caso de la Unión de Pepenadores del D. F., y de Rafael Gutiérrez Moreno, quien organizó a los pepenadores de México, tuvo el control político y apoyó corporativamente al gobierno en campañas políticas, este cacicazgo se describe en la obra de Vautrin (1998), dónde a manera de novela reseña la vida de don Rafael Gutiérrez Moreno, conocido como el rey de la basura. Esta etapa del cacicazgo de la basura en el D. F., explica en parte porque no se implementaron opciones para el manejo de los residuos orgánicos.

A su vez Trejo (1994), da una amplia revisión bibliográfica sobre la oferta existente de tecnología para el procesamiento de los residuos sólidos urbanos. Presenta un capítulo sobre el compostaje de estos materiales, la tecnología existente, la eliminación de los patógenos y las aplicaciones. Sin embargo, este estudio sólo logró concretarse en un libro publicado por editorial Trillas.

A pesar de que México es un país en desarrollo, rápidamente se ha convertido en una sociedad de consumo, esto incide en la cantidad y composición de los desechos sólidos generados, lo que exige un sistema de recolección y disposición de desperdicios, progresivamente caro y complejo, que cada vez se dificulta en el "donde" se dispondrán; por ello es necesario ofrecer una solución a este problema, de 37 millones de toneladas de residuos/año (INEGI, 2007c).

En México, no existe una correcta disposición de los residuos orgánicos, sólo el 10% del volumen total de residuos, equivalente a 3.7 millones de toneladas se ubica en rellenos de tierra controlados; sin embargo 32% del total de residuos se dispone en tiraderos a cielo abierto, donde 5.8 millones de toneladas son material orgánico. Así la Figura 1 ilustra el destino final de los residuos mexicanos.

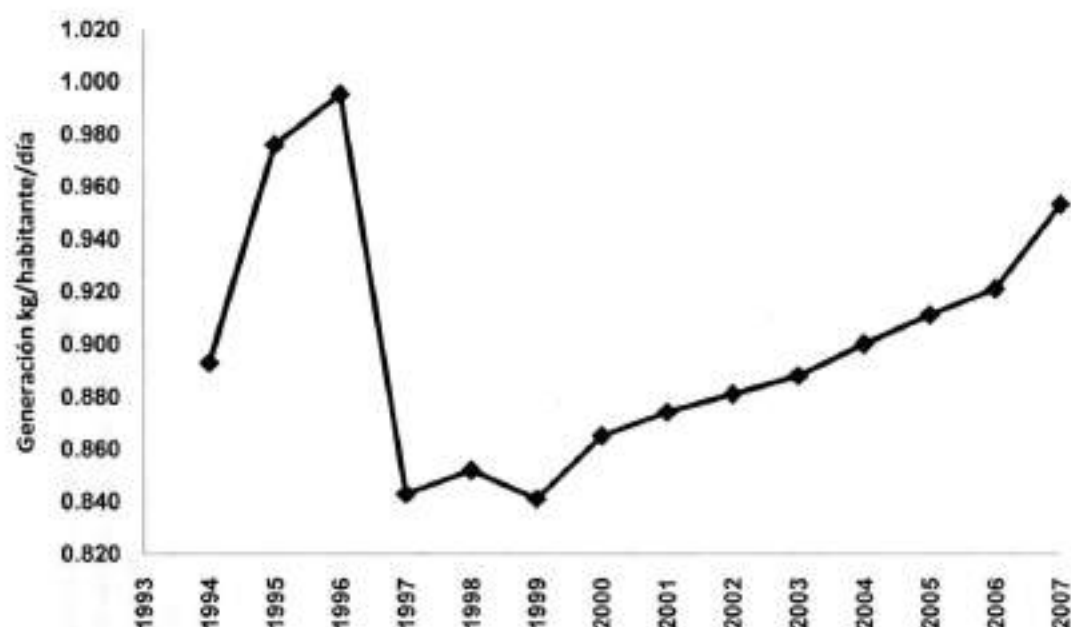


Figura 2. Promedio nacional de la generación de residuos kg/habitante/día, 1994 a 2007.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007a.

En 1992 en el país se producían alrededor de 22 millones de toneladas de residuos urbanos por año, mientras que para el año 2007 se alcanzaron casi los 37 millones de toneladas por año, lo que significa un incremento de 68% en los últimos quince años (INEGI, 2007d).

Este incremento se ve reflejado en las Zonas Metropolitanas de los estados que integran al país, debido a que éstas son regiones urbanas que engloban una ciudad central que da nombre al área y una serie de ciudades satélites que pueden funcionar como ciudades dormitorio, industriales, comerciales y servicios, todo ello organizado de una manera centralizada; a esto se le conoce como red urbana.

Entonces, del total nacional que con base a INEGI (2007c) asciende a 36,865 millones de toneladas de residuos, las entidades de mayor generación de residuos son: Estado de México 16%, Distrito Federal 13%, Jalisco 7%, Veracruz 5.5%,

Nuevo León 5%, Puebla 4.5% y Guanajuato 4.5%. Estas siete entidades suman el 55% de los residuos mexicanos, como se ilustra en la Figura 3.

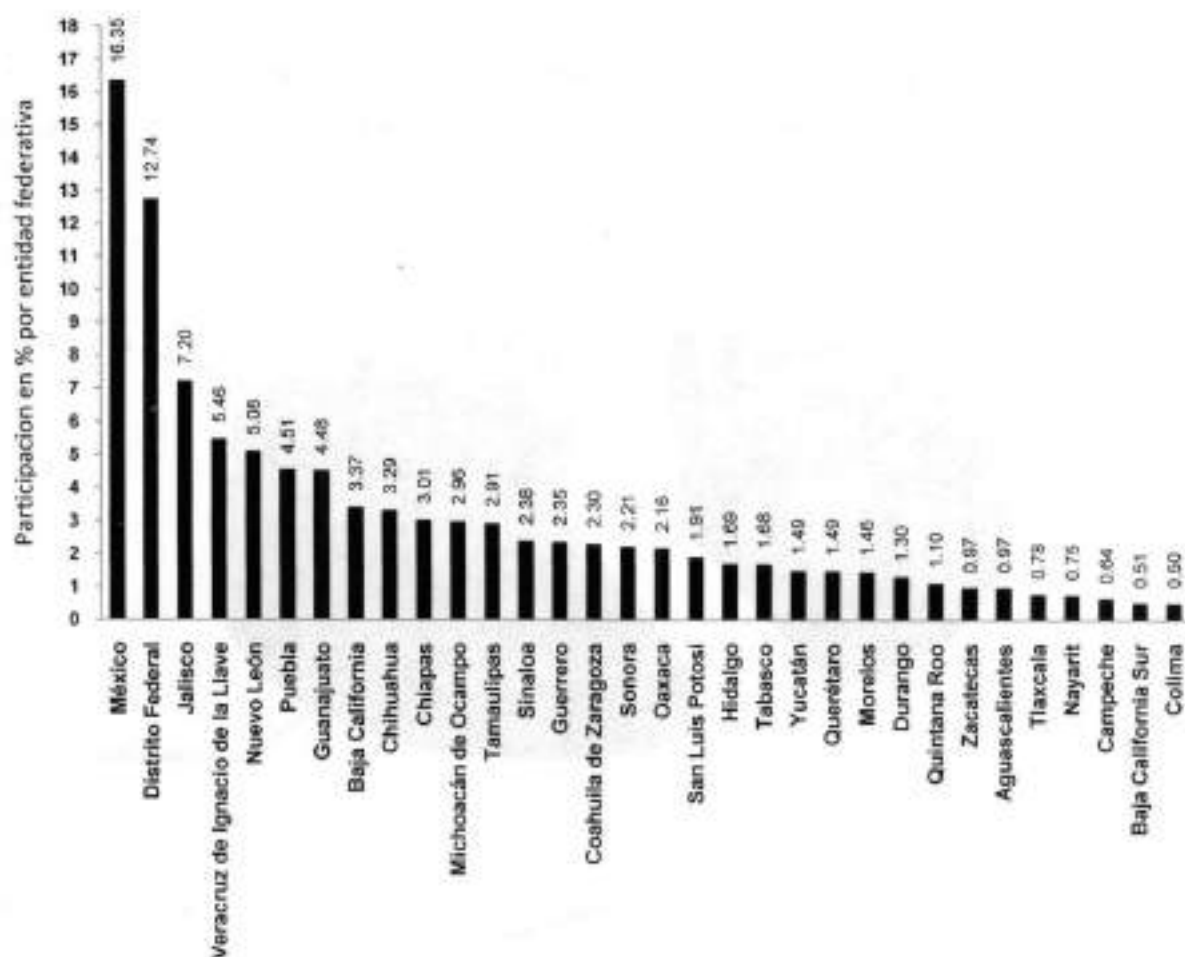


Figura 3. Distribución porcentual por entidades federativas de la generación nacional de residuos.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007c.

De acuerdo con el INEGI (2007e), se identifican ocho Zonas Metropolitanas que califican como altas generadoras de residuos: Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, Tijuana, Torreón, Ciudad Juárez y León. Con el criterio de INEGI, existen ciudades medias que forman parte del programa 100 ciudades por su importancia y las incluidas en el plan estratégico de los estados; ciudades pequeñas aquellas mayores a 15,000 habitantes que no están incluidas en el rubro anterior; y

ciudades rurales o semiurbanas son aquellas cuya población es menor a 15,000 habitantes.

De ahí se tiene que de 1997 a 2006 el promedio nacional que han generado las Zonas Metropolitanas es de 43.80%; las Ciudades Medias 34.22%; las Ciudades Pequeñas 7.6%; y las Rurales o semiurbanas 14.38%, como muestra la Figura 4.

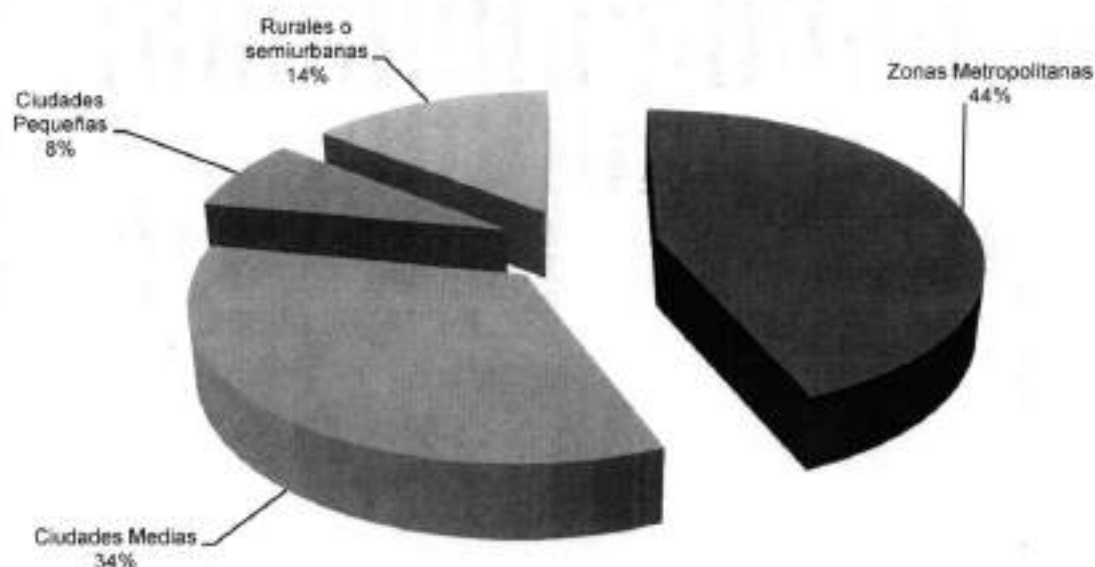


Figura 4. Promedio nacional de la generación de residuos por zonas metropolitanas y ciudades, en el periodo de 1997 a 2006.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007e.

De 1998 a 2007 han ocurrido incrementos en la generación de residuos en todas las entidades, siendo los más significativos: Quintana Roo que ascendió 67.4%; Baja California Sur con 49.2%; Baja California en 48.64%; Querétaro 41.9%; Tamaulipas 32.38%, principalmente.

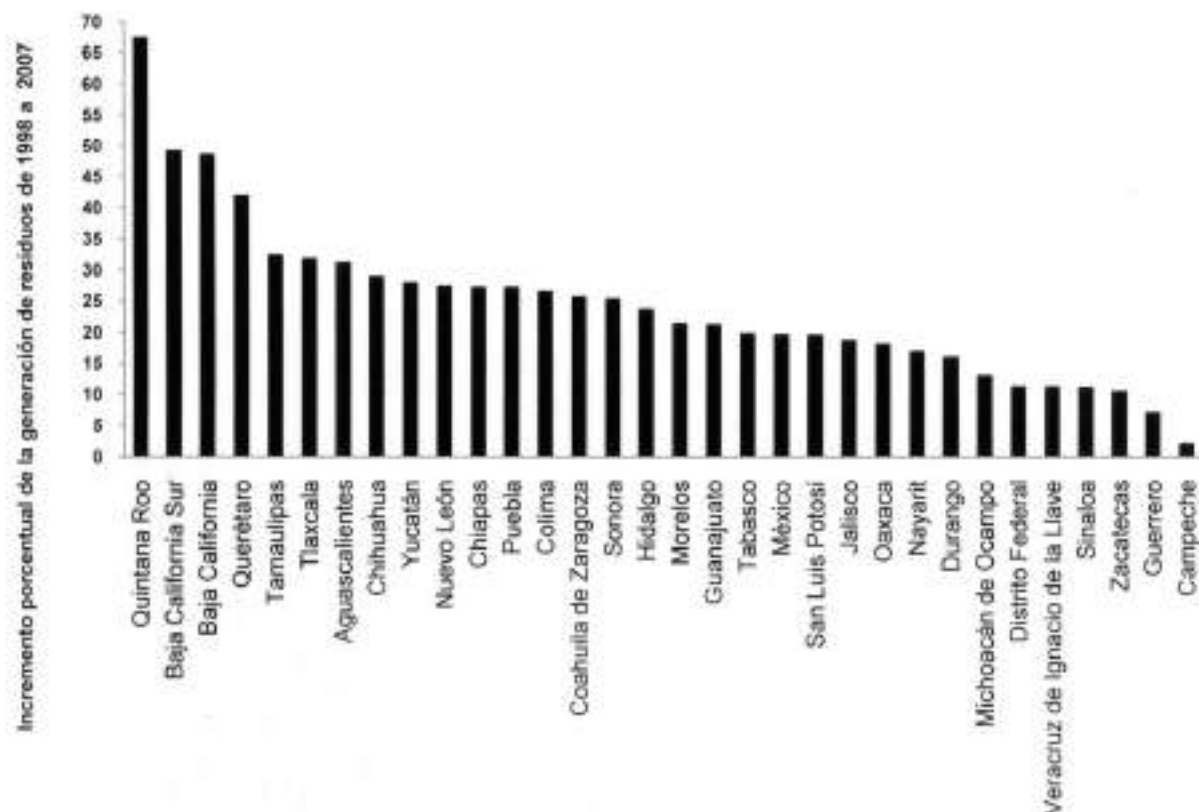


Figura 5. Incremento porcentual de la generación de residuos en México, de 1998 a 2007.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2008.

INEGI (2004), reporta que en el Estado de México para el año 2004 se producían 11,870 toneladas/residuos/día, encontrando que diez municipios aportan el 74%, donde Ecatepec participa con el 17.5%, Netzahualcóyotl con el 12.4%, Naucalpan con 8.8%, Tlalnepantla con 7.4%, Chimalhuacán con 5.5%, Atizapán de Zaragoza con 5%, Tultitlán con 4.9%, Cuautitlán con 4.8%, Ixtapaluca con 3.9% y Valle de Chalco con 3.5%, tal como se ilustra en la Figura 6.

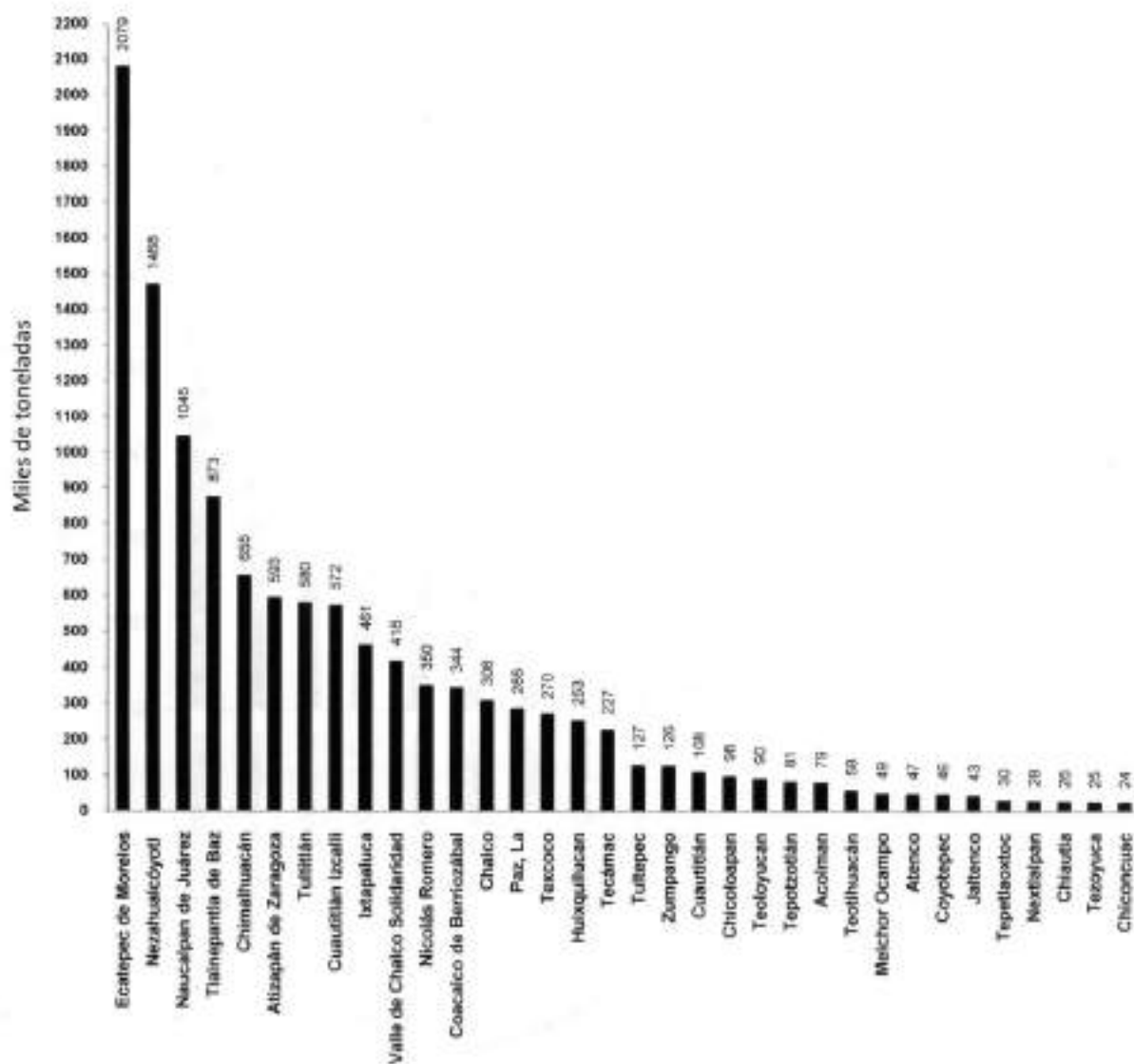


Figura 6. Generación de residuos en los municipios del Estado de México.

Fuente. Elaboración propia a partir de INEGI, 2004.

Para el caso del Distrito Federal, integrado por 16 delegaciones, a saber: Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Cuahutémoc, Venustiano Carranza, Coyoacán, Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Iztacalco, Tlalpan, Benito Juárez, Xochimilco, Tláhuac, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Milpa Alta; han incrementado la generación de residuos en 11.30%, ya que con base al INEGI (2008) en 1998 se generaron 4,221 millones de toneladas y para 2007 4,698 millones de toneladas, esto significa una producción diaria de 12,000 toneladas, en la Figura 7, se muestra

la generación de residuos por delegación en el año 2006 en toneladas/día, siendo las delegaciones que más contribuyen a la generación de residuos Iztapalapa con 19.78%, Gustavo A. Madero con 12.41%, Cuahutémoc con 11.71%, Álvaro Obregón con 7.47%, Azcapotzalco con 6.73% y Tlalpan con 6.32%.

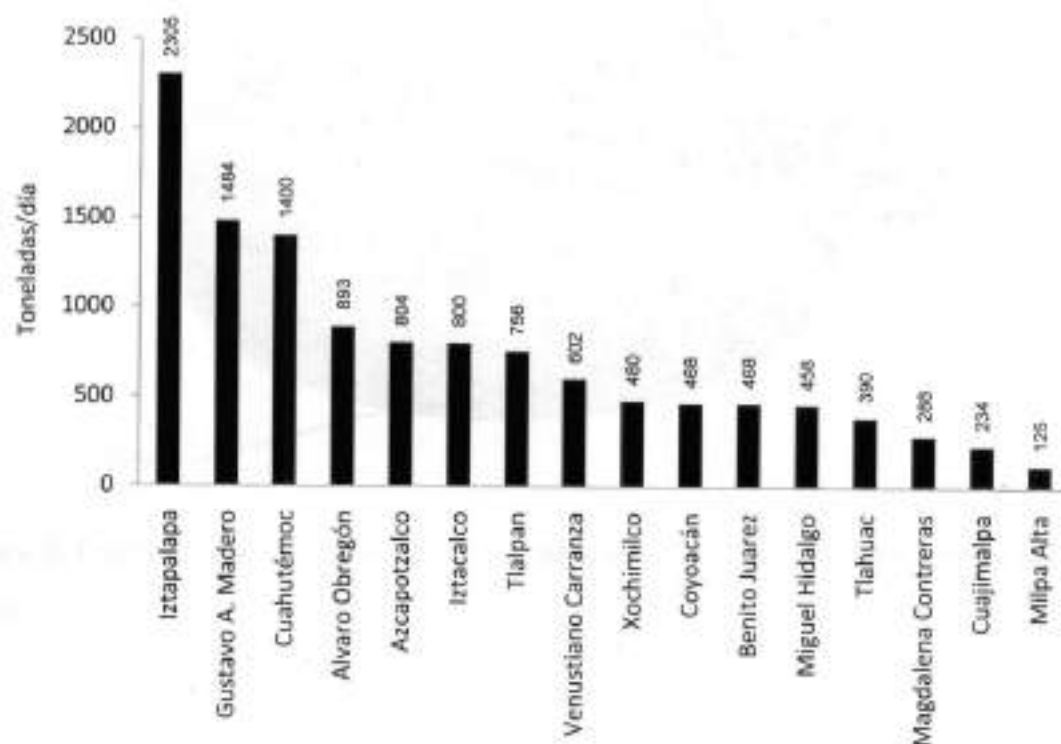


Figura 7. Generación de residuos en el Distrito Federal, por delegación en el año 2006.

Fuente: Elaboración propia a partir de SEMARNAT, 2006.

2.5 Composición de los residuos sólidos

Los sistemas de tratamiento, en particular el compostaje, se diseñan en base a un arreglo tipo, por ello es importante conocer la composición de los residuos para proyectar la dimensión de las instalaciones. La composición nacional se presenta en la Figura 8.

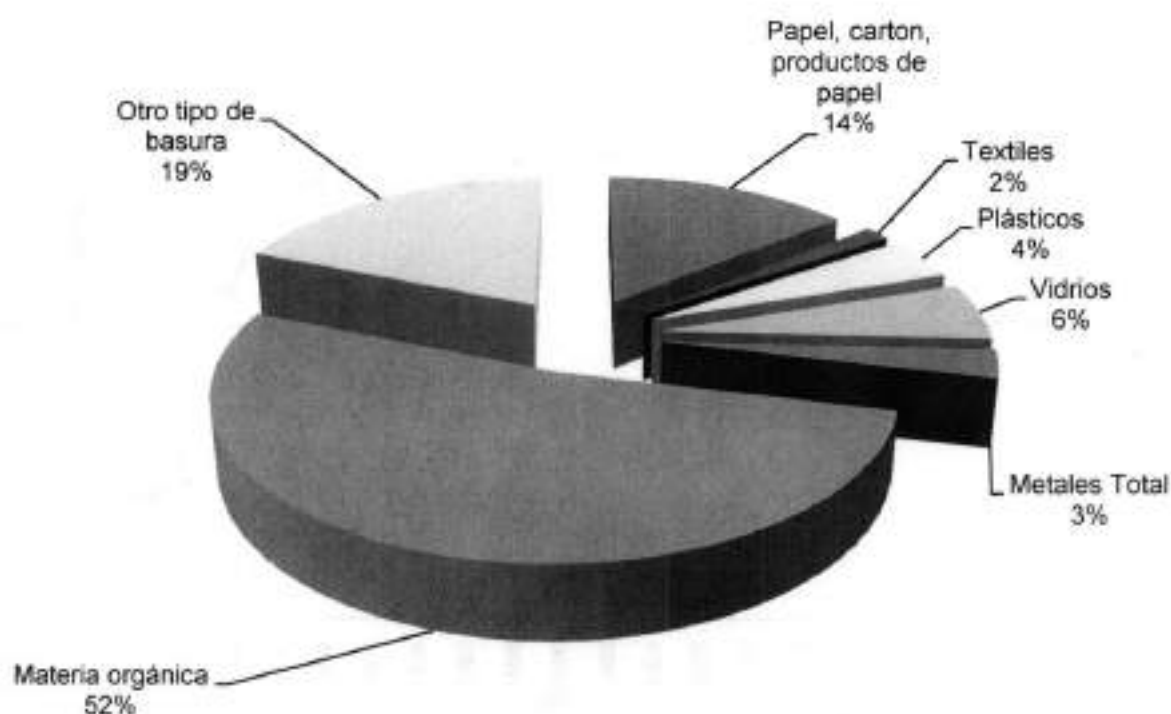


Figura 8. Composición media nacional de los residuos sólidos municipales en México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

2.5.1 Vidrios. El vidrio constituye aproximadamente el 6% de los residuos sólidos urbanos; este material es susceptible de reciclar, lo que significa ventajas, a saber: (1) reutilización de material; (2) ahorro de energía; (3) mayor vida útil a los rellenos sanitarios y en general a los vertederos; (4) un menor combustible derivado de los residuos. La Figura 9 exhibe el comportamiento del volumen de vidrio en los residuos mexicanos que en 1992 significaban 1.3 millones de toneladas, mientras que para 2007 alcanzaron los 2.3 millones de toneladas, que representa un incremento del 80% (INEGI, 2007d).

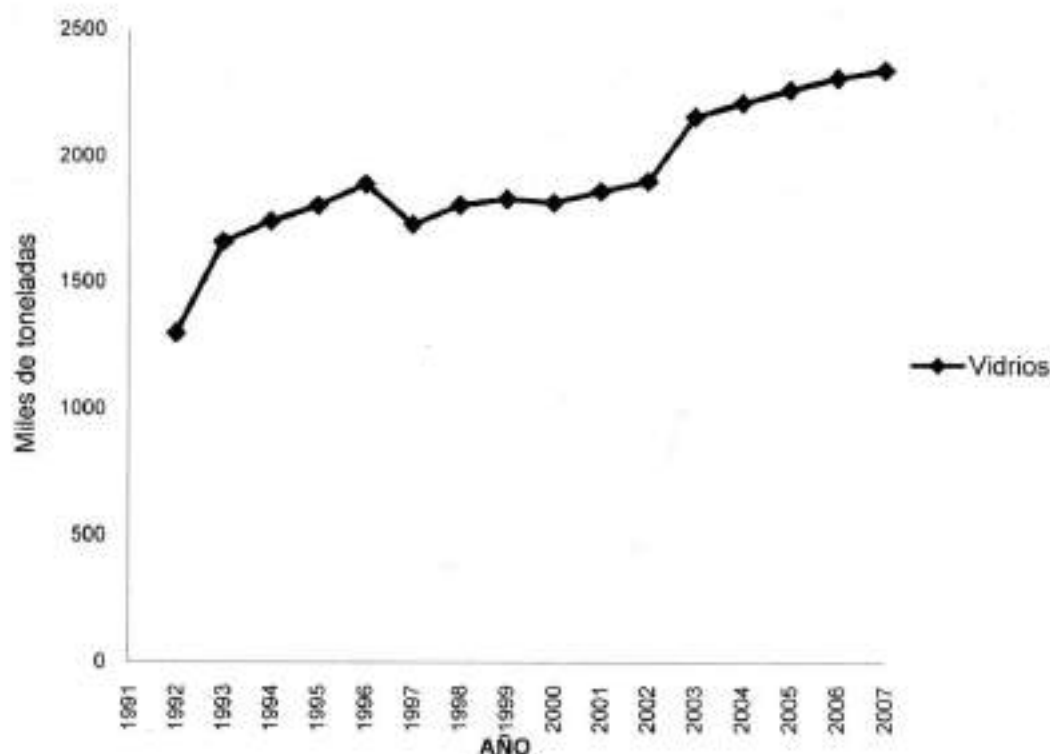


Figura 9. Producción anual de vidrio en los residuos sólidos urbanos de México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

2.5.2 Plásticos. Los consumidores han utilizado plásticos en los últimos 50 años, recientemente su uso se ha incrementado, así en 1992 fueron 0.992 millones de toneladas en los residuos sólidos, mientras que para 2007 se incrementaron 131% que significó 2.2 millones de toneladas. Esto se atribuye a que la mayoría de los envases son desechables, entonces el crecimiento en el uso de plásticos se ha incrementado, dado que estos han sustituido, en parte a los metales y al vidrio como recipientes, al papel y a la madera como materiales de embalaje. Los plásticos representan 4.4% del peso de los residuos, pero constituyen un alto porcentaje en volumen; la dificultad que vive la sociedad con este residuo es que la industria del plástico no ofrece intentos serios de solución. Una opción es sustituir los plásticos por los productos biodegradables; la Figura 10 muestra el comportamiento de la producción de este residuo (INEGI, 2007d).

Los plásticos actualmente reciclados tienen materiales como: polietileno, tereftalato, polietileno de alta densidad, policloruro de vinilo, polietileno de baja densidad, polipropileno, poliestireno y todas las demás resinas y materiales multilaminados, todos estos plásticos los fabricantes los identifican con códigos.

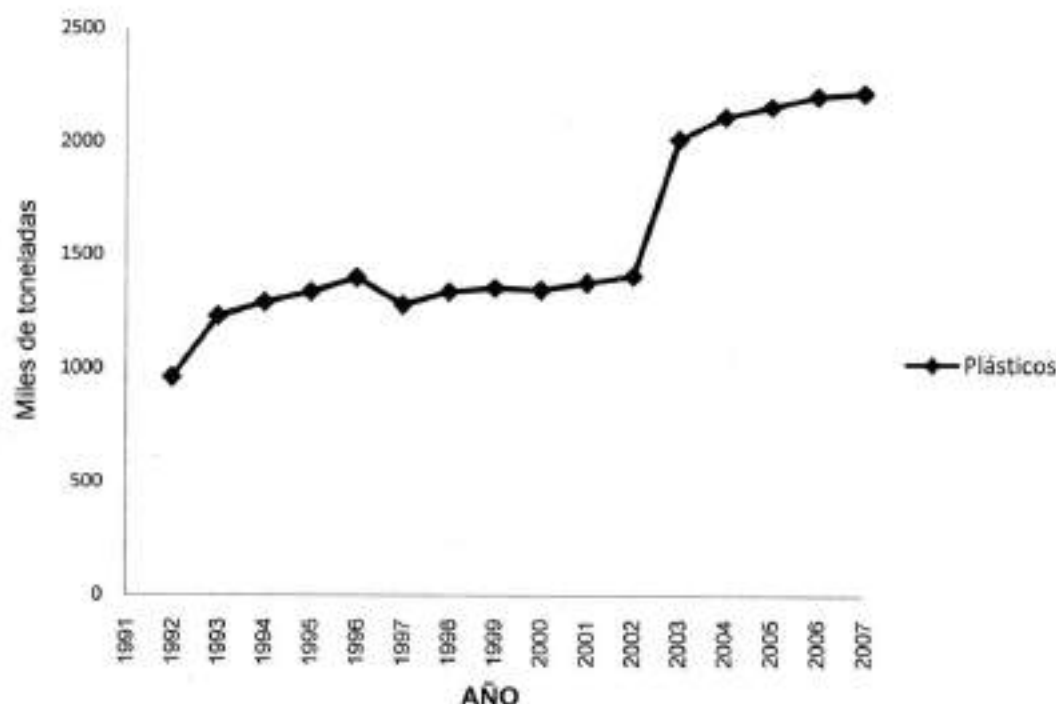


Figura 10. Producción de plásticos en los residuos sólidos urbanos de México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

2.5.3 Metales. En México los residuos sólidos urbanos contienen alrededor del 3% de metales. Las principales categorías de metales que se recuperan de los residuos sólidos urbanos, son latas de hojalata, electrodomésticos, chatarra miscelánea. La Figura 11 ilustra los contenidos de metales que se desechan en la basura mexicana, que para 1992 significaban 636,000 toneladas y en 2007 alcanzó 1.3 millones de toneladas (INEGI, 2007d).

Los metales son de dos tipos: (a) férricos, cuyo reciclaje significa ahorro de energía respecto a la producción con mineral de hierro; (b) no férricos, aquí se destacan el aluminio, cobre, plomo, oro, platino, entre otros.

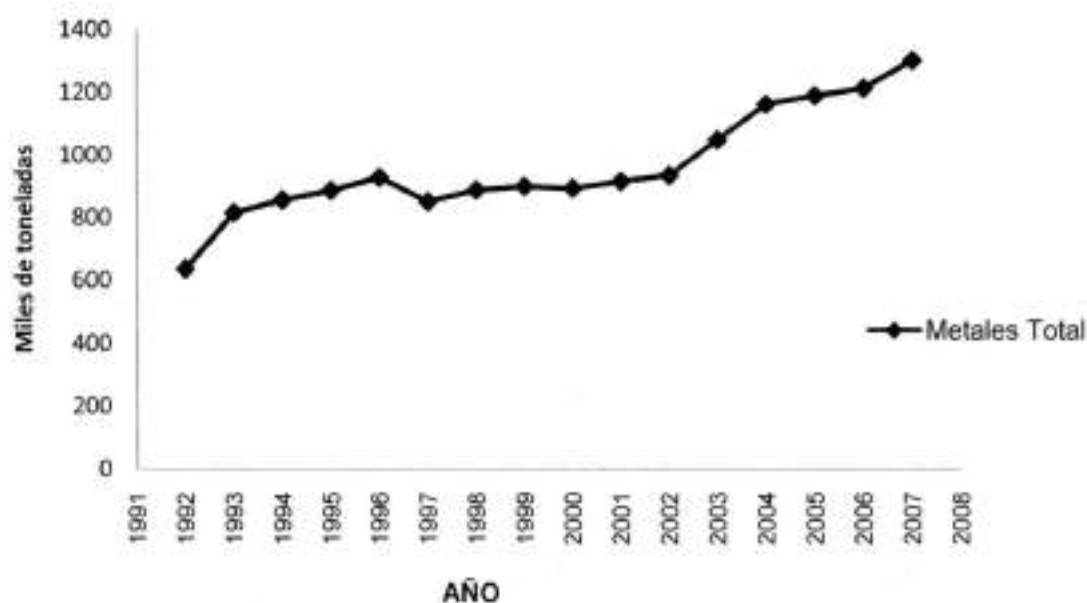


Figura 11. Producción de metales en los residuos sólidos urbanos de México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

2.5.4 Otro tipo. Aquí se engloban residuos de madera, aceite residual, neumáticos usados, baterías ácidas de plomo, pilas domésticas, residuos de construcción y demolición principalmente. Representan alrededor del 19% de los residuos sólidos urbanos mexicanos.

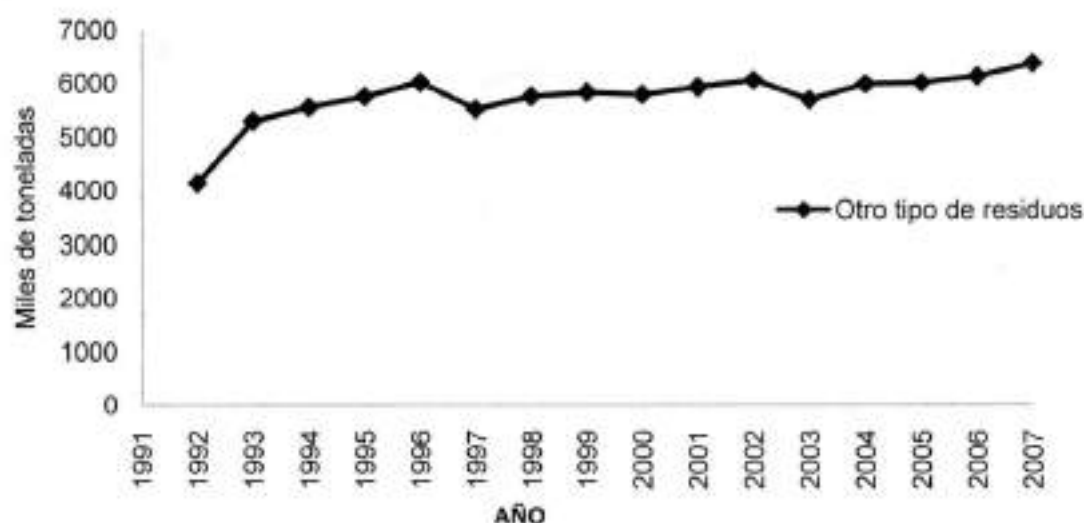


Figura 12. Comportamiento de desechos que califican como otros residuos en México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

2.5.5 Fracción biodegradable

Como se ha señalado, los residuos sólidos urbanos se constituyen de materiales inertes (plástico, metal, vidrio, entre otros), minerales y materia orgánica; la fracción biodegradable es heterogénea, Álvarez (1994), indica que contiene diversas sustancias, que se clasifican en: (a) celulosa; (b) hemicelulosa; (c) ligninas; (d) la fracción soluble en agua (azúcares simples, aminoácidos y ácidos alifáticos); (e) la fracción soluble en éter (grasas, ceras, resinas, aceites y pigmentos); y (f) proteínas.

La heterogeneidad de los residuos orgánicos origina que algunos componentes se degraden con rapidez, mientras que otros son más resistentes; generalmente la fracción soluble en agua es la primera en degradarse, posteriormente las celulosas y hemicelulosas; el compuesto más resistente que se degrada después de un largo período de tiempo es la lignina. Sin embargo, en opinión de Noriega (2008), los materiales orgánicos son degradados en periodos de 180 días, en procesos de compostaje y lombricultura.

La técnica que se ha propuesto hasta hoy, para la degradación de los compuestos orgánicos convirtiéndolos en un producto útil para la agricultura, es el compostaje; en la fracción biodegradable se puede incluir el papel, los textiles y la fracción orgánica (Dalzell *et al.*, 1991).

2.5.5.1 Papel. En base al peso, el papel es el componente mayor de los residuos, después de la materia orgánica, representa el 14% del peso total. En 1992 representaban alrededor de tres millones de toneladas, mientras que para 2007 alcanzó los 5.5 millones de toneladas, lo que significa un incremento de 77% de este residuo, cuyo comportamiento se ilustra en la Figura13 (INEGI, 2007d).

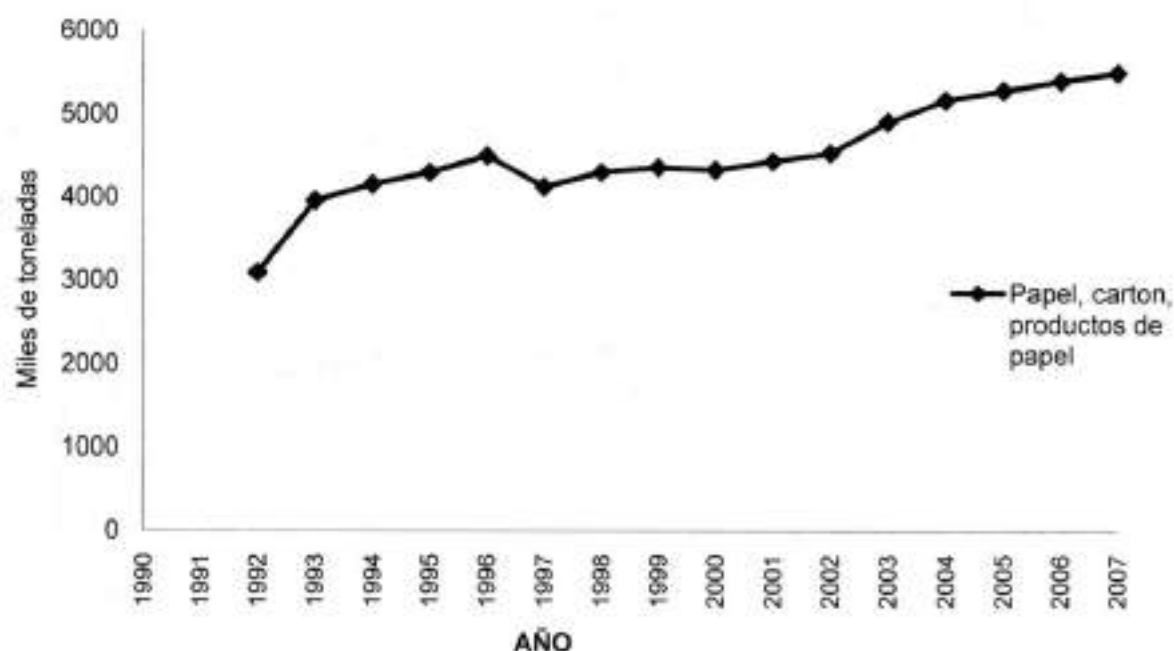


Figura 13. Generación de papel y cartón como residuo sólido municipal en el periodo 1992 – 2007 en México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

El papel residual que se encuentra mezclado en los residuos sólidos urbanos no se puede reutilizar debido a consideraciones económicas y de logística, por ello resulta factible biodegradarlo mediante procesos de compostaje, aunque por los materiales con que se elaboran las tintas da origen a residuos de metales pesados que controlando la proporción que se incorpora a la pila de compostaje pueden mantenerse dentro de los límites permisibles en las normas que regulan los mejoradores de suelo.

2.5.5.2 Residuos de la industria textil. Están constituidos por algodón, residuos de materiales compuestos (textiles impregnados, elastómeros), residuos de acabado que contienen disolventes orgánicos, colorantes y pigmentos, residuos de fibras textiles procesadas y no procesadas, y mezcla de ambos. En los residuos sólidos urbanos representan el 1.5%; estos materiales son susceptibles de biodegradarse mediante compostaje y lombricultura. La Figura 14 muestra la producción de textiles

en los residuos mexicanos, que en 1992 eran 327,000 toneladas, mientras que en 2007 fueron 552,000 toneladas, lo que representa un incremento del 68% (INEGI, 2007d).

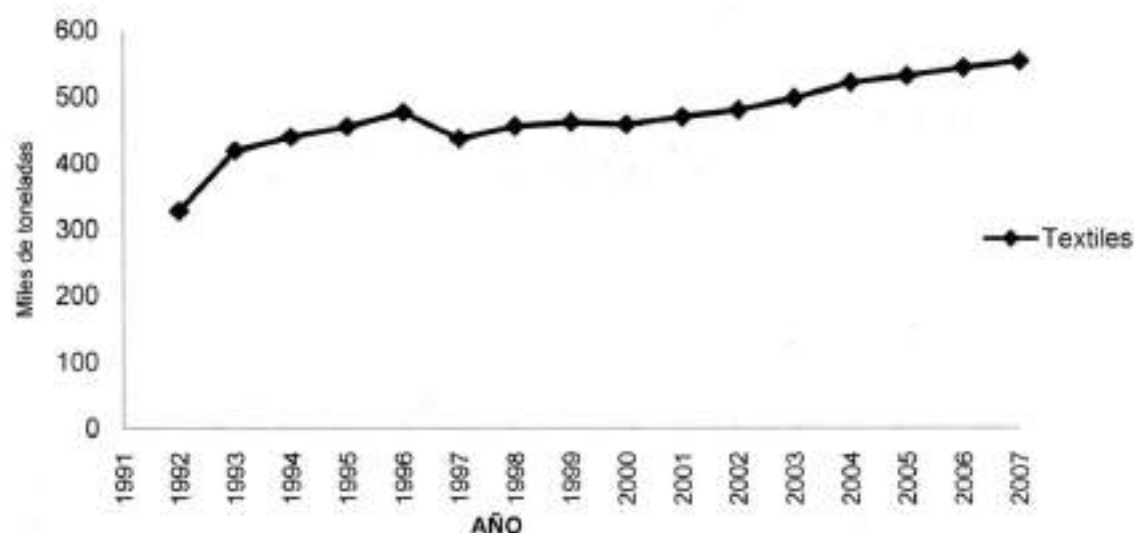


Figura 14. Generación de residuos textiles en los desechos sólidos urbanos de México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

2.5.5.3 Fracción orgánica. Los componentes que forman la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos representan el 52.4% en el país, aquí encontramos residuos de comida, gomas, cueros, residuos de jardín, de madera, desechos cárnicos y en general de la agroindustria.

Las posibilidades de reutilización de la fracción orgánica, es en cuatro grandes áreas: (1) producción de metano en condiciones anaeróbicas, este gas se utiliza en la producción de energía y calor (Trejo, 1994); (2) producción de compuestos orgánicos, como: alcoholes donde destaca el etanol a partir de desechos y diversificar la producción de energía, así como la producción de biogás compuesto por metano y dióxido de carbono generado en el proceso de fermentación anaeróbica, el cual puede usarse como fuente de energía, para ello el biogás se succiona del vertedero y entra a una instalación de desgasificación, donde por

incineración se eliminan las dioxinas obteniendo un gas que puede ser utilizado para la generación de energía eléctrica con motores de gas o para la producción de calor con calderas (Vázquez y Dacosta, 2007); (3) producción de combustible (Trejo, 1994); y (4) producción de mejoradores de suelos y abonos orgánicos mediante compostaje y lombricultura (Labrador, 2001). La Figura 15 permite conocer la generación de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de México, que en 1992 representó alrededor de once millones y medio de toneladas, mientras que para el año 2007 fueron alrededor de 18 millones y medio (INEGI, 2007d).

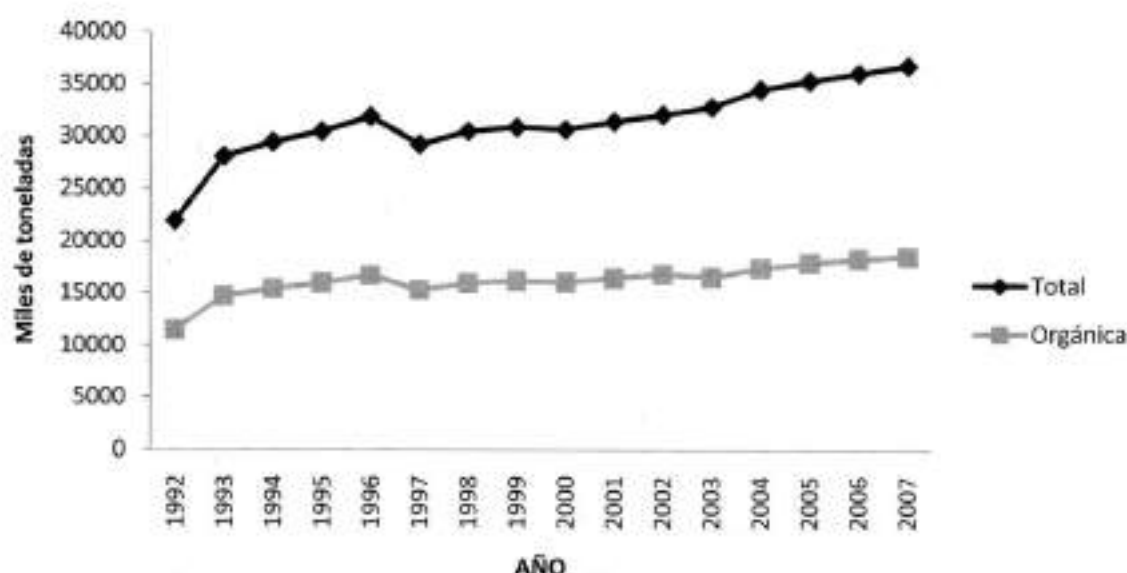


Figura 15. Producción de la fracción orgánica en los residuos sólidos urbanos de México.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2007d.

Hoy la sociedad, en particular en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ve agotados los espacios de los vertederos existentes y se encuentran con una legislación ambiental rigurosa, entonces es razonable planear que los residuos sólidos que en el futuro irán a los vertederos son aquellos que no tienen potencial de reciclaje.

Se debe considerar que en un país en desarrollo como México, existe un sector de la población que se dedica a la recolección selectiva de residuos sólidos, por ello es posible que los porcentajes sean inferiores en algunos productos, con lo que se incrementa el porcentaje de los residuos orgánicos. Sin embargo, se rescata que como mínimo, la mitad de los residuos sólidos municipales se constituyen por los materiales orgánicos.

Los residuos que se descomponen con rapidez se conocen como residuos putrescibles, su descomposición provoca olores molestos y reproducción de moscas; a este tipo de residuos se le identifica como materia orgánica, que en México alcanza 52.4% del volumen total. En los residuos sólidos urbanos se encuentra papel residual, compuesto de periódicos, libros, revistas, impresos comerciales, papel de oficina, cartón, embalajes de papel, pañuelos, toallas de papel, principalmente, que suman 14%. En el caso de los papeles plastificados estos pueden ser incorporados al proceso de compostaje y los microorganismos degradarán parte de la materia orgánica mediante una serie de transformaciones biológicas, mientras que el plástico al final del proceso es separado del residuo inicial y en la fase de cribado, generalmente es separado de la masa orgánica, en el mejor de los casos en el proceso de reciclaje este tipo de materiales plastificados deben de separarse de los materiales que se orientan al compostaje. Los textiles suman 1.5%; luego entonces, los materiales biodegradables susceptibles de ser transformados mediante un proceso de compostaje alcanzan el 68%.

Los problemas que destacan en esta sección revelan que no es sustentable la vía en que aprovechamos el ecosistema donde se asienta la ZMCM, el cual nos brinda alimentos, donde sus pobladores hoy en día lo explotan con una intensidad que amenaza el sostenimiento de los ciclos de la vida, de la materia y de la energía; los habitantes de la ZMCM ven a la naturaleza como una fuente infinita de recursos y percibimos a los ecosistemas como receptores para los desechos. Es conveniente transitar hacia una cultura que practique el reciclaje y la transformación de la materia; resulta conveniente comprender que la economía, en particular de la ZMCM, es un

subsistema termodinámicamente abierto, que se rige por complejos procesos ecológicos, así la economía de la ZMCM consume de los ecosistemas energía en forma de materias primas y de energía útil (fósil, solar, eólica, hidráulica, otras) y genera residuos, materiales con potencialidad de reciclamiento y transformación, la experiencia de esta región indica que los ecosistemas son incapaces de absorber, reciclar, reutilizar o degradar los residuos generados por las actividades económicas que se practican.

2.6 Marco legal para el manejo de los residuos sólidos

A continuación se refieren algunas normas jurídicas que regulan los efectos ambientales de los residuos; las actividades industriales generan problemas ambientales, donde destaca la contaminación que afecta a la población, por ello el Estado ha incorporado en la legislación ambiental regulaciones para el manejo de la producción de residuos, lo cual significa que se reconoce la insustentabilidad de los procesos industriales y de la misma sociedad.

En el país se identifica normatividad aplicable a la producción y al manejo de los residuos en los tres niveles de gobierno, así a nivel Federal y Estatal existen leyes y reglamentos que constituyen el marco normativo para el manejo integral de los residuos sólidos de manejo municipal. Algunos municipios han publicado reglamentos para regular la producción, recolección, tratamiento y disposición de residuos no peligrosos.

En este devenir, en 1988 se publica la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la cual desde su primera versión establece la responsabilidad a los ayuntamientos para el manejo de los residuos sólidos no peligrosos, y los residuos peligrosos son de ámbito federal. El problema es que esta Ley le asignaba grandes responsabilidades a los municipios, quienes carecían de recursos económicos y humanos para atender el asunto de los residuos y excentaba de responsabilidades a los generadores de residuos.

Posteriormente, en 2006, se emite la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos, donde se propone un esquema de responsabilidades compartidas; establece que todos los grandes generadores de residuos, tienen la obligación de desarrollar y operar planes de manejo de los residuos; señala medidas para promover la reducción, valorización y el manejo sustentable de los residuos a partir de un enfoque de los grandes generadores de residuos; a los municipios les deja la responsabilidad del manejo de los residuos sólidos domiciliarios.

El marco normativo actual ha mejorado sustancialmente con respecto a las condiciones existentes antes de 1987. Siguen rezagados varios temas en el país: (a) lo relativo al aseo público y la calidad del servicio de recolección; (b) la participación ciudadana sigue siendo pasiva, aún el usuario espera que la autoridad resuelva el problema; (c) la conciencia ambiental es incipiente, la sociedad aún no se compromete con la gestión sustentable de los residuos sólidos; (d) apenas inicia el manejo alternativo de los residuos orgánicos.

Bajo las condiciones actuales de normatividad y en la visión del desarrollo sustentable, hoy cambia la forma de planear y organizar la gestión de los residuos sólidos, en la que se pasa de un sistema de manejo de eficiencia administrativa a un sistema de manejo integral, que busca manejo, protección al ambiente y cuidado de la calidad de vida de los habitantes de la zona donde se procesan los residuos, por lo que se identifican instrumentos jurídicos que son aplicables al procesamiento y uso de los residuos orgánicos.

2.6.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Por mandato constitucional en nuestro país, es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la que determina la distribución de competencias en materia de protección ambiental, entre la federación, los estados y los municipios, siendo los títulos I y IV donde se encuadra la acción constitucional que nos ocupa.

La LGEEPA fue promulgada el 28 de enero de 1998 y entró en vigor el 1° de marzo del mismo año; en 1996 la LGEEPA se reformó e incluyó el capítulo de delitos ambientales. Esta Ley confirió a los estados competencias, una de ellas fueron los asuntos relativos a la prevención y control de la contaminación ambiental, destacando el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no califican como peligrosos; mientras que a los municipios les competía la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en los centros de población en relación con servicios como el de limpia.

Los principios de la política ambiental de la LGEEPA en materia de residuos, no estaban dirigidos a los generadores, son mandatos para orientar las actividades de las autoridades públicas.

2.6.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Como parte del sistema jurídico mexicano para la protección al ambiente el 22 de mayo del 2006 se publica el decreto por el que se da a conocer esta Ley, con el propósito de superar una política legislativa que contenga las propuestas que superen los inconvenientes que presenta la LGEEPA en el ámbito de los residuos.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGP y GIR), considera que el manejo de los residuos debe ser adoptando medidas de reducción en la generación, el aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos.

Esta Ley pretende orientar la reducción de los volúmenes de residuos, incrementar el reciclaje, promover sistemas de gestión integral; con este propósito define a los residuos de manejo especial, que son los que genera la industria con poca o ninguna consideración respecto a su eliminación, donde se destacan aspectos a considerar, como: costos de disposición final, infraestructura para el procesamiento de los materiales reciclables, la promoción de mercados de los reciclables y políticas de promoción de los materiales reciclables.

2.6.3 Código para la Biodiversidad del Estado de México

En el marco de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el artículo 9 indica que son facultades de las entidades federativas expedir los ordenamientos jurídicos que permitan dar cumplimiento a la referida Ley.

Para el Estado de México existe el Código para la Biodiversidad del Estado de México. Este documento normativo se compone de varios libros, fue publicado el 3 de mayo de 2006 en la Gaceta del Gobierno del Estado de México, considera aspectos, como: el aprovechamiento de los residuos sólidos municipales y de manejo especial, lo cual podrá ser mediante la técnica del compostaje, para ello la Secretaría elaborará y difundirá guías para la elaboración de compostas; también podrán utilizarse técnicas equivalentes.

Este código en la sección correspondiente al impacto ambiental considera que el usuario del proceso debe presentar el informe previo; también anticipa que la Secretaría podrá eximir de la evaluación del impacto o riesgo ambiental a aquellos proyectos que, si bien se encuentran previstos, no produzcan impactos ambientales significativos de carácter adverso.

2.6.4 Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal

Esta Ley es de observancia en el Distrito Federal, fue publicada el 22 de abril del 2003; tiene como propósito regular la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, así como lo relativo al servicio de limpia. Es un instrumento jurídico de política ambiental que adopta medidas para reducir la generación de los residuos sólidos, su separación de origen, su recolección y transporte separado, su aprovechamiento, tratamiento y disposición final. Esta Ley en su Título Quinto, Capítulo II, contempla el compostaje.

2.6.5 Ley de Productos Orgánicos

Esta Ley es de orden público y de interés social y tiene por objeto promover los sistemas de producción bajo métodos orgánicos, en especial en aquellas regiones

donde las condiciones ambientales y socioeconómicas sean propicias para la actividad o hagan necesaria la reconversión productiva para que contribuyan a la recuperación y/o preservación de los ecosistemas y alcanzar el cumplimiento con los criterios de sustentabilidad.

La agricultura orgánica se concibe como un sistema de producción que se apoya en técnicas agrícolas basadas en los principios ecológicos, evitando el uso de agroquímicos en la producción de alimentos, tanto de consumo humano como animal.

Las técnicas en que se apoya la agricultura orgánica son: las rotaciones de cultivo, incorporación de residuos de origen orgánico, abono de animales, leguminosas, abonos verdes, desechos orgánicos externos al predio, labranza mecánica, rocas minerales y aspectos de control biológico de plagas, con el propósito de mantener la productividad y fertilidad del suelo, así como controlar plagas, malezas y enfermedades.

Como parte de las técnicas agrícolas ya mencionadas, el compostaje y la lombricultura son herramientas de más reciente aplicación en el aprovechamiento de residuos orgánicos, ya que pueden encargarse de reciclarlos, en el suelo o en el menor tiempo, generando así los abonos llamados "abonos orgánicos", "lombrifertilizante", "lombricomposta" o "vermicomposta", capaces de sustituir a los fertilizantes químicos, por lo que se puede convertir en una técnica que auxilie en la conservación y mejoramiento del recurso suelo.

En el ámbito de la fertilidad de suelos y la actividad biológica del suelo deberán ser mantenidas e incrementadas, utilizando materiales que se hayan transformado en abono, donde la técnica del compostaje puede ser utilizada, así como el humus de lombriz de tierra o deyecciones de lombriz.

Visto así el escenario jurídico, la presente propuesta tecnológica, en su carácter propositivo, pretende aportar elementos para el manejo de los residuos de manejo especial, siguiendo la Ley de la conservación de la materia, nada se crea o se destruye, sólo se transforma; si un material se quema, se entierra o se bombea al drenaje, sólo adopta otra forma, causando contaminación; la destrucción de la basura es imposible, por lo tanto sólo queda transformarla, el reto es que esto se logre con un mínimo riesgo de contaminación, con costos de proceso accesibles y con un proceso que conduzca a la reestructuración del recurso suelo, así como abonar las tierras agrícolas.

Observando los lineamientos de la agricultura orgánica para la producción de abonos, en México se puede impulsar un esquema de abonadura orgánico y órgano-mineral, para atender la fertilidad de los suelos y la nutrición de cultivos, particularmente en esta etapa de crisis financiera y alimentaria.

Así podría impulsarse una política pública de aprovechamiento de residuos orgánicos de manejo especial (agroindustriales), donde la técnica de compostaje puede implementarse, cuidando alcanzar temperaturas de 55° a 76°C, con cinco volteos como mínimo, tal como lo establece el Programa Nacional Orgánico de los Estados Unidos, con ello se garantizará que los patógenos sean destruidos, de tal forma que el producto a obtener del compostaje sea inocuo. Para el caso de los esquemas intensivos de producción, el material obtenido del compostaje podría enriquecerse con sales minerales (micronutrientes) y generar abonos órgano-minerales. Esta estrategia podrá ayudar a bajar costos de producción en materia de fertilizantes, coadyuvar a atender un problema de disposición final de los residuos orgánicos, restaurar los suelos degradados y ofrecer opciones de empleo a los productores rurales.

2.7 Compostaje

El elevado volumen de residuos generado en la sociedad debe eliminarse en los ecosistemas para evitar la degradación del ambiente, por ello se visualiza la

utilización de los residuos con fines agrícolas, donde mediante el compostaje se les quita el carácter contaminante, agrega al suelo materia orgánica vía humificación, y nutrimentos a los cultivos.

2.7.1 Composta. Coloquialmente como composta se entiende el material que se obtiene, producto de la acción microbiana controlada, teniendo como materia prima residuos orgánicos. El compostaje de la materia orgánica es un proceso donde ésta es mineralizada por microorganismos, que pueden ser inoculados (Núñez y Laird, 1966); la mezcla de residuos orgánicos, en opinión de Ortiz (1977), puede contener materiales minerales como ceniza; la degradación microbiana es un proceso aeróbico que pasa por una fase termofílica (Monroy, 1981). El proceso de degradación de la materia orgánica es un proceso, donde ocurren reacciones bioquímicas e intervienen organismos vivos, en un ambiente cálido y húmedo.

El método más común para transformar los desechos orgánicos consiste en la acumulación de residuos vegetales, estiércol, hojarasca y residuos industriales de origen orgánico, en forma separada o bien mezclados, formando pilas o montones en lugares dedicados para este propósito; ya sea directamente sobre el suelo o en plataformas especialmente diseñadas para este fin (Rivero, 1999).

Los procesos conocidos se han modificado y se agrupan en: (1) sistemas que se basan en la formación de pilas; (2) sistemas que utilizan digestores; y (3) sistemas mixtos (Deffis, 1989).

Las operaciones modernas de compostaje difieren de las antiguas en la forma de lograr la aireación, en los tratamientos de trituración y cernido de materiales, uso de microorganismos para acelerar el procesamiento, exclusión de componentes indeseables previo al procesamiento, así como el control de metales pesados y otros contaminantes que puedan afectar a los vegetales cuando la composta se incorpora a los cultivos (Cruz, 1986; Trejo, 1994).

Rink y Richard (2005), indican que para los procesos comerciales del compostaje se identifican dos métodos: (1) métodos abiertos; y (2) métodos cerrados. Los métodos de compostaje abiertos, comprenden cinco modalidades:

1. Hileras con volteo. Son hileras largas y estrechas que se voltean con regularidad, agitando para ellos los materiales, lo cual homogeniza, se incorpora oxígeno, se libera calor y gases, se distribuyen nutrientes, agua, microorganismos. Se utilizan máquinas desde cargadores frontales, retroexcavadoras, escarabajo y en general máquinas volteadoras. Es el método más común a gran escala.

2. Pilas estáticas aireadas pasivamente. Este método consiste en amontonar los residuos, como es el caso de los desperdicios de cosecha, hojarasca; la aireación es por difusión, las pilas o montículos sólo son volteadas porque el material se mueve del sitio. Es un proceso que no garantiza una buena transformación de la materia prima. Esto ocurre de manera común con los estiércoles que provienen de pequeñas explotaciones rurales.

3. Pilas estáticas con utilización de aireación asistida. Son pilas o hileras que cuentan con algún medio donde de manera deliberada se le suministra aire sin utilizar ventiladores, generalmente se colocan tubos de PVC perforados en la parte inferior de la hilera, por los extremos de los tubos ingresa el aire que se difunde en la hilera de materiales orgánicos, como: hojarasca, pajas, otros.

4. Pilas estáticas aireadas. Son hileras, que en la base tienen una red de tubos por donde circula el aire que se hace ingresar con ventiladores.

5. Métodos mixtos. Son métodos que combinan el volteo, aunque no periódico o regular y espacios de tiempo donde la aireación es pasiva; esto depende principalmente de la disponibilidad de maquinaria.

2.7.2 Materiales para el compostaje

Una pila de compostaje, requiere del suministro de una mezcla de desechos orgánicos; en las actividades cotidianas estos materiales se generan en grandes cantidades, los que por su origen se clasifican en: (a) domésticos; (b) de jardín; (c) de cosechas; (d) del ganado; (e) forestales; (f) fluviales y marinos; (g) urbanos; y (h) agroindustriales (FAO, 1991). Luego entonces, los residuos de manejo especial provenientes de la agroindustria puede atender esta estrategia; son residuos que proceden de las actividades de industrialización de productos como hortalizas, cacao, café, arroz, maíz, trigo, sorgo, frijol, algodón, lana, yute, seda, productos del mar, semillas, madera, entre otros.

Entonces, prácticamente cualquier material de origen animal o vegetal se puede incorporar en una pila de compostaje. Las fuentes más comunes de residuos orgánicos útiles para el compostaje, son: granjas agropecuarias, huertos, fábricas, molinos, parques, establos, comercios, almacenes, hoteles, mercados, corrientes fluviales, y restaurantes (Martín, 1992).

2.7.3 Aditivos para mejorar el compostaje

Cuando no se cuenta con una mezcla adecuada de desechos orgánicos, el proceso de compostaje es lento y el producto final es un material de baja calidad; para evitar esto, se puede recurrir a la adición de otros materiales que mejoran la composición química y la estructura física de la pila, los que pueden ser: (a) activadores; (b) inoculantes; y (c) enriquecedores (FAO, 1991).

Inoculantes. Son bacterias o medios donde se encuentran los organismos encargados de la descomposición de la materia orgánica, algunos de los inoculantes más recomendados, son: composta madura, bacterias *Azotobacter*, fosforita molida; fosfato cálcico.

Enriquecedores. La cantidad de nutrientes contenidos en la composta se puede mejorar si se incorporan fertilizantes comerciales al proceso, esto con el fin de proporcionar un mejor producto.

2.7.4 Patógenos

Los desechos orgánicos están contaminados con gérmenes patógenos causantes de infecciones en el hombre, los animales y las plantas; los que pueden pertenecer a cualquiera de los principales tipos de microorganismos -bacterias, actinomicetos, hongos, virus, rickettsias y protozoos-, o macrofauna -nemátodos y helmintos-. Estos organismos, para su estudio se clasifican en indicadores, bacterias patógenas, virus y parásitos (Bertoldi *et al.*, 1986).

Indicadores. Coliformes totales, coliformes fecales, streptococos, entre otros.

Bacterias patógenas. *Salmonellae*, *Shigellae*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Candida albicans* y *Aspergillus fumigatus*.

Virus. Enterovirus, polivirus, adenovirus, entre otros.

Parásitos. *Entamoeba histolytica*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia saginata*, entre otros.

En el proceso de compostaje hay diversos factores que afectan la supervivencia de los organismos patógenos; estos son: (1) altas temperaturas; (2) tiempo del proceso; (3) liberación de amoníaco; (4) competencia por alimento; (5) liberación de sustancias antibióticas. Sin embargo, la relación temperatura - tiempo, es el factor decisivo en la eliminación de los patógenos; una temperatura alta por un corto periodo de tiempo, o una temperatura baja por un periodo largo de tiempo eliminan la mayor población de patógenos (FAO, 1991). Generalmente estos organismos desaparecen a temperaturas mayores de 42°C, ya que normalmente viven a la temperatura corporal del hombre o de los animales (FAO, 1991). Las bacterias patógenas *Salmonella new port*, Polivirus tipo 1, y *Candida albicans* se destruyen a temperaturas de 60°C por un periodo de 1 a 8 horas; *Salmonella typhi* muere en 30 minutos a 55°C mientras que a 60°C muere en 20 minutos (FAO, 1991).

Aunque la mayor cantidad de patógenos y parásitos se eliminan, unas pocas bacterias que forman esporas, pueden sobrevivir a temperaturas mayores de 100°C, por ejemplo: *Bacillus anthracis*, causante del ántrax; *Clostridium* causante del tétanos, botulismo y gangrena gaseosa (FAO, 1991).

La temperatura es un factor condicionante para la sobrevivencia de los organismos patógenos en la composta, por ello es necesario aclarar que si la pila no cuenta con las condiciones que el proceso requiere, el calor generado no será suficiente para eliminar a estos organismos.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos en el método de compostaje en hileras, exige que se alcancen 55°C al menos durante 15 días, con un mínimo de 5 volteos en estas temperaturas. Entonces, se recomienda que esta fase se prolongue para suprimir los microorganismos patógenos.

Cuadro 1. Temperatura y tiempo de exposición necesario para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes.

Organismo	Observaciones
<i>Salmonella typhosa</i>	Sin crecimiento por encima de 45°C; muerte dentro de 30 minutos a 55 – 60°C y dentro de 20 minutos a 60°C; destruida en poco tiempo en un ambiente de composta.
<i>Salmonella</i> sp.	Muerte dentro de una hora a 55°C y dentro de 15 – 20 minutos a 60°C.
<i>Shigella</i> sp.	Muerte dentro de una hora a 55°C.
<i>Escheria coli</i>	La mayoría muere dentro de una hora a 55°C y dentro 15 a 20 minutos a 60°C.
<i>Entamoeba histolytica</i> cysts	Muerte dentro de pocos minutos a 45°C y dentro de pocos segundos a 55°C.
<i>Taenia saginata</i>	Muerte dentro de pocos minutos a 55°C.
<i>Trichinella spiralis</i> larva	Muere rápidamente a 55°C e instantáneamente a 60°C.
<i>Brucella abortus</i> o Br. suis	Muerte dentro de 3 minutos a 62 – 63°C y dentro de una hora a 55°C.
<i>Micrococcus pyogenes</i> var. <i>Aureus</i>	Muerte dentro de 10 minutos a 50°C.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Muerte dentro de 10 minutos a 54°C.
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> var. <i>Hominis</i>	Muerte dentro de 15 – 20 minutos a 68°C o después de calentamiento momentáneo a 67°C.
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Muerte dentro de 45 minutos a 55°C.
<i>Necator americanus</i>	Muerte dentro de 55 minutos a 45°C.
<i>Ascaris lumbricoides</i> huevos	Muerte en menos de una hora a temperaturas por encima de 50°C.

Fuente: FAO, 1991.

2.7.5 Proceso de compostaje

Durante el proceso del compostaje se distinguen las siguientes fases térmicas: (a) fase de latencia; (b) fase de desarrollo mesofílico; (c) termófilo; y (d) de maduración (Day y Shaw, 2005).

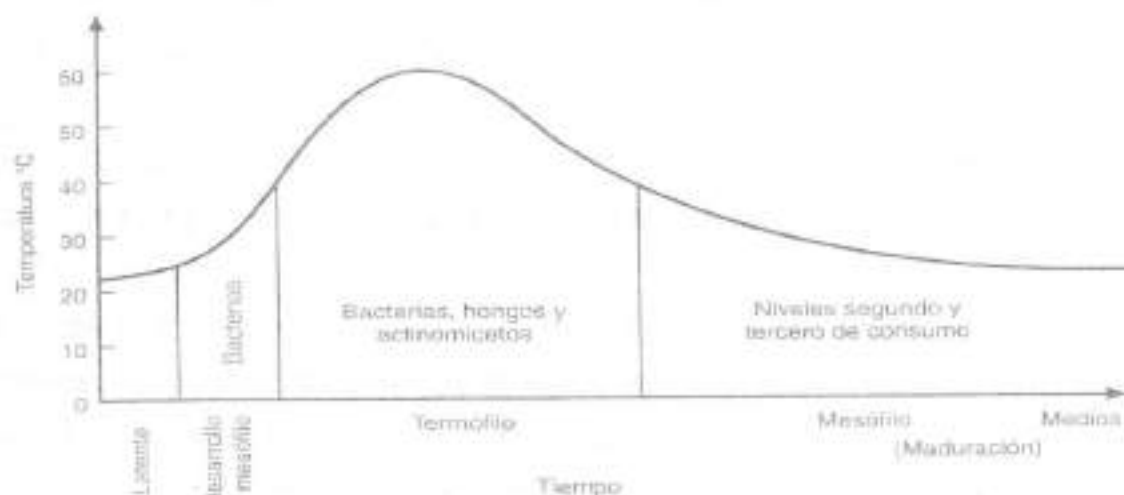


Figura 16. Comportamiento de la temperatura y población microbiana en el proceso de compostaje.

Fuente: (Day y Shaw, 2005).

Fase de latencia. En esta fase los microorganismos se aclimatan al nuevo medio y comienzan a multiplicarse; dura de 2 a 4 días y al final de ella la temperatura alrededor de 40°C. Inician en el proceso bacterias mesofílicas que prosperan alrededor de los 18°C.

Fase de crecimiento termófilo. Inician temperaturas alrededor de los 40°C, aquí se desarrollan bacterias termófilas.

Fase termófila. Los microorganismos iniciales son sustituidos por otros que viven a temperaturas altas (termófilos). En esta fase debido a la actividad microbiana, se alcanzan las temperaturas más elevadas (40° a 70°C), lo que elimina gérmenes patógenos, larvas y semillas; la mayor parte de la materia orgánica fermentable se transforma, por lo que la masa se estabiliza.

Fase de maduración. Es un período de fermentación lenta, los microorganismos termófilos disminuyen su actividad y aparecen otros que continúan el proceso de descomposición.

En esta fase las fuentes nutritivas microbianas disminuyen, la actividad microbiana decrece, la temperatura baja en la pila de compostaje hasta la temperatura ambiental. A partir de componentes orgánicos, se sintetizan coloides húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos, y otros compuestos que favorecen el desarrollo vegetal; entran a la masa de la composta descomponedores como las lombrices.

En síntesis, el compostaje es una humificación y mineralización de las sustancias orgánicas donde el punto clave del proceso, es mantener condiciones óptimas para que los microorganismos involucrados cumplan con sus ciclos biológicos y su metabolismo, transformando el producto inicial, que son los residuos orgánicos.

Una vez alcanzada esta fase de enfriamiento el material obtenido puede incorporarse al suelo como fuente de nutrientes, o bien puede ser utilizado para ser mejorador con sales minerales o incorporarle microorganismos como micorrizas, y así abonar los cultivos que sean de nuestro interés. El humus incide en las propiedades químicas del suelo a saber:

El humus almacena nutrimentos minerales como nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrimentos en forma intercambiable.

El humus enriquece las reservas inorgánicas de nutrimentos minerales.

El abono orgánico contiene numerosas sustancias activadoras de la producción microbiana.

2.8 Casos exitosos de compostaje

La economía debe relacionarse con la capacidad de la naturaleza para proveer materia y energía, para mantener funcionando los ciclos bióticos y abióticos, para

absorber, reciclar y diluir los residuos y contaminantes generados por la actividad humana (Quiroga, 2003).

La sustentabilidad es resultado de comprender la relación existente entre dos variables: (1) la extracción/producción económica, que consume energía y produce residuos; (2) la resiliencia de los ecosistemas, concebida como la capacidad de reponer los compuestos tomados y de absorber-reciclar los residuos. En el mundo se identifican casos donde han comprendido que cuando la expansión económica es mayor a la resiliencia de los ecosistemas, ocurre un daño ambiental. Esto comienza a construir las bases de la economía socio-ecológica, que plantea que el crecimiento económico debe llegar sólo hasta el punto de la resiliencia de los ecosistemas; esto exige reconocer que el sistema económico no puede crecer infinitamente dentro del ecosistema que lo sustenta; entonces para no exceder los límites cuando el ambiente es incapaz de absorber los residuos, hay que promover el reciclaje, la reutilización y la transformación.

Los casos que se presentan a continuación corresponden a una visión con una aproximación al problema ambiental de los residuos, que reconoce límites biofísicos al crecimiento económico infinito; esto exige el impulso de políticas públicas, y una ética humana para obtener un máximo bienestar humano, con una cuota mínima de cosecha de recursos económicos y contaminación ambiental.

Luego entonces, para que nuestra economía pueda ser sustentable en el largo plazo, es preciso identificar esquemas que no deterioren a los ecosistemas, por ejemplo la producción de desechos no debe superar el ritmo de la capacidad de reposición de los ecosistemas donde las localidades acostumbran a acumular los residuos. Así en algunas ciudades de otros países se comienzan a identificar ejercicios de sustentabilidad local, lo cual ha significado reconstruir estilos de vida y estilos de desarrollo, ahí el compostaje se ha identificado como una tecnología que minimiza el impacto ambiental por la acumulación de residuos orgánicos. De esta visión a continuación se presentan unos casos:

Fonstad *et al.*, (2003), reportan que la expansión comercial de los ganaderos en Saskatchewan, Canadá, obligó a los productores a buscar una alternativa económica y ambientalmente sustentable hacia la disposición de las reses muertas debido a que en el invierno la práctica de enterrar las reses es limitada debido al suelo congelado, mientras que para incinerarlos requieren de un permiso especial que cumpla con la normatividad; así estos productores han recurrido al compostaje, proceso donde los microorganismos transforman la materia orgánica, cuidando que la humedad se encuentre del 40 al 70%, niveles superiores generan deficiencias de oxígeno; el compostaje es realizado con una mezcla de estiércol y animales muertos, la temperatura alcanzada es superior a los 55°C a partir del día 3 hasta el 40, con lo cual se destruyen los patógenos, su proceso dura alrededor de 280 días que es cuando se generan temperaturas cercanas a 5°C; en el proceso el volumen se reduce alrededor de un 50%. Este método les permite el manejo de animales muertos procedentes de la ganadería comercial, para el caso de Saskatchewan, además de resolver su problema ambiental y de salud, generan un producto útil y rico en nutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio, entre otros, que son de aplicación a la agricultura.

Agassi *et al.* (2004), comparten su experiencia obtenida con el manejo de residuos sólidos municipales composteados cerca del Kibutz Ruhama en la parte Central Negev, que tiene un clima mediterráneo, donde se encuentra la planta comercial de compostaje Amnir Afula, cuya composta se aplica a suelos conocidos como Xerosoles, donde se utiliza como cobertera o mulch en la región árida de Negev, Israel, donde se pierde agua por evaporación, esto ha obligado a buscar alternativas que minimicen estas pérdidas de agua en los suelos cultivados con trigo, donde el uso de la composta se asocia a un incremento en el rendimiento del cultivo, por ejemplo bajo el paquete tecnológico convencional en temporal obtienen 890 kg/ha, cuando se aplican 300 m³ de composta/ha alcanzan 2030 kg/ha, esto se atribuye a que la composta ayuda a almacenar humedad, además proporciona nutrientes al suelo. Esta experiencia israelí revela que aparte de resolver el problema ambiental de los residuos sólidos municipales, el uso de la composta les proporciona beneficios

como (1) incremento en el rendimiento de sus cultivos bajo temporal; y (2) tienen ahorros por el costo de aplicación de los fertilizantes. El enfoque es ambiental, no trabajan en un enfoque de rentabilidad económica.

Farell (2004), describe que la cadena de alimentos orgánicos Whole Foods, Inc., integrada por 162 tiendas ubicadas en los Estados Unidos generan cada una de ellas 7.8 toneladas de residuos/semana, donde el material biodegradable suma el 60%; ello motivó a iniciar un proceso de compostaje desde el año 2001 en alianza con la empresa Recuperación de Recursos en Sun Valley California. Actualmente 58 tiendas de la cadena orientan sus residuos orgánicos a instalaciones de compostaje en Texas, Colorado, Arizona, California, Whashington y Columbia Británica; han desarrollado la marca Misión verde y desde 2004 la cadena Whole Foods distribuye su composta. Este autor comenta que el obstáculo para practicar el procesamiento de residuos orgánicos es la insuficiencia de empresas que realicen el compostaje en escala industrial.

Farell (2005), informa que Norcal Residuos Systems, Inc., es una empresa dedicada al compostaje industrial que procesa 300 toneladas de residuos orgánicos/día el producto del compostaje lo dirige a más de 30 viñedos en el norte de California, quienes incorporan diez o más toneladas de composta/acre en el otoño. La experiencia de la empresa Norcal es recolectar residuos de la industria restaurantera y panadera, procesarlos mediante compostaje y dar seguimiento a las bondades de este material, para ello desde 2001 tienen la certificación del Instituto de Revisión de Materiales Orgánicos (OMRI), además de realizar investigaciones que les permiten destacar las ventajas del uso de composta.

La Universidad de Rutgers de Nueva Jersey, Estados Unidos realiza investigaciones en dos vertientes sobre el aprovechamiento de residuos de la industria alimenticia: (a) el peletizado para la alimentación animal; y (b) el compostaje. Esta Universidad recibe financiamiento del Departamento de Protección de Medio Ambiente de Nueva Jersey, lo que le ha permitido desarrollar un Grupo de Política de Residuos Sólidos

que realiza revisiones de literatura, estudia la reglamentación nacional y de otros países, monitorea 74 casos exitosos de compostaje, de los cuales 25 son de residuos de la industria alimenticia. Este grupo ofrece asistencia técnica a interesados en el compostaje, sobre la base de la experiencia de la Universidad de Rutgers; participa en la reglamentación sobre el manejo de residuos orgánicos; trabaja con empresarios del compostaje y participa en la formulación de políticas públicas (Hayes, 2005).

Williams y Sherman (2005), señalan que el Parque de baseball SBC, casa de los Gigantes de San Francisco tiene un alto compromiso con el reciclaje, el agua, la conservación de energía, uso creciente de los biodegradables, contenido de reciclado y productos de menor toxicidad; para ello el personal de este equipo, así como proveedores y contratistas trabajan en la recuperación de materiales como papel, cartón, recortes de jardín y restos de comida; debido a que en cada juego se generan 12 yardas cúbicas de residuos orgánicos, los cuales son recolectados y tratados por Norcal Systems, Consultoría dedicada al Compostaje, quien además de brindarle este servicio de recolección y procesamiento, proporcionan asistencia técnica y capacitación a los empleados, con el propósito de limitar las compras a productos que sólo sean composteables o reciclables.

Allston (2007), describe la experiencia del Programa de Reciclaje de las Ciudades de Allen, Frisco, McKinney y Richardson, Texas que recibe financiamiento del Norte de Texas Council of Governments (NTCOG). El Programa inició en el 2000, en 2007 participaron 26 escuelas en el Programa de Reciclado de Residuos de Alimentos, producen alrededor de 441 toneladas de composta donde han incorporado a las cafeterías de empresas como Alcatel, Perot Systems Frito-Lay, Texas Instrument, entre otras. Este es un ejemplo de una nueva relación: municipio-escuela-empresas.

Goldstein, Spencer y Rodas (2007), señalan que en Estados Unidos el compostaje de residuos sólidos municipales es un nicho de negocios emergente; por ejemplo en la zona de montaña de Arizona Pinetop – Lakeside, Arizona hay una planta de

compostaje que inició operaciones en 1991, en la actualidad procesa 22 toneladas/día de residuos de papel, cartón y biosólidos; otro caso exitoso en este mercado emergente es el Mariposa County, California, que inició operaciones con una planta de compostaje con capacidad de 60 toneladas/día, cuya composta se utiliza para la cobertura diaria del relleno sanitario del Condado; en el Condado de Cobb, Georgia destaca una planta de compostaje que opera 200 toneladas/día, donde una cuarta parte son biosólidos.

McBriede y Spencer (2008), difunden la experiencia del poblado de Jackson, Wyoming donde se encuentra el Parque Nacional Grand Teton, que es una comunidad de montaña, cuyo vertedero se cerró en 1998, por lo que transportaban alrededor de 30,000 toneladas de residuos sólidos/año a un vertedero en el Condado de Sublette a 90 millas de Jackson. Esta situación permitió que a partir de 1999 iniciara un proceso de reciclaje y en 2006 el compostaje con la empresa Terra Firma Organics, Inc., que en 2006 procesó 4818 toneladas/año, mientras para 2007 alcanzó las 8163 toneladas/año. La experiencia del Condado de Teton consiste en pagar US\$45.00/tonelada de composta procesada, lo que equivale a los costos de transporte y disposición al vertedero de Sublette.

Yepsen (2008), reporta la experiencia del Centro de Formación en Milwaukee, Wisconsin, quienes mediante compostaje y vermicompostaje procesan alrededor de 3500 toneladas de residuos orgánicos cerveceros, de madera, comida y granos de café. La experiencia consiste en un procesamiento de dos etapas: (1) compostaje mediante pilas estáticas al aire libre de 1.20 m de altura; (2) un proceso de vermicomposteo de tres meses. El éxito de esta empresa radica en la difusión realizada mediante talleres y visitas de más de 3000 personas/año que acuden a sus instalaciones.

Antler (2008), señala que el Consejo de Compostaje de Canadá (CCC) ha logrado que 4,000,000 de toneladas de residuos orgánicos, equivalente al 12% del volumen total que llega a los vertederos sean composteados; el Programa inició en 1991 con

275,000 toneladas/año de residuos orgánicos. En la actualidad se identifican alrededor de 225 instalaciones de compostaje, donde la mayoría utiliza residuos orgánicos separados de origen y el procesamiento dominante es mediante pilas aireadas estáticas. Las instalaciones se emplazan en: Nuevo Brunswick (20 plantas); Quebec (29 instalaciones); Columbia Británica (36); Alberta (39).

Goldstein (2008), reporta que a finales de 2005 el Consejo de la Ciudad de Buenos Aires Argentina, aprobó por unanimidad la Ley sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos", debido al cierre de dos de los tres vertederos de Servicios de la Ciudad y de la Región; así la Ley denominada Basura Cero tiene como objetivo reducir el volumen de los residuos sólidos municipales (1.5 millones de toneladas métricas) que van a los vertederos en un 75% para el 2012. La estrategia para aplicar esta ley incluye por una parte el trabajo con cooperativas que clasifiquen los residuos para su reciclado en el Centro de Recuperación de Recursos instalada por el gobierno, la cual procesa 10 ton/día y por otra parte la instalación de recipientes para residuos secos (reciclables) y húmedos (compostables). Esta Ley también incluye que los productores deben tomar medidas de empaque y tratamiento de sus residuos.

Luego entonces, estos casos descritos revelan que la sustentabilidad de metrópolis es posible alcanzarla con el aprovechamiento de los residuos orgánicos, además de atender el problema ambiental, se lograría:

La reposición de los nutrientes exportados del suelo vía cosechas de los cultivos.

Mantener buenas condiciones físicas del suelo.

Incrementar el contenido de materia orgánica en los suelos.

2.9 El recurso natural suelo

Beltrán (1958) y Sánchez (1987), señalan que un recurso natural es todo aquello que nos rodea, sin que haya sufrido un proceso de transformación y que es susceptible

de ser utilizado para el bienestar humano. Los recursos naturales universales son: el suelo, agua, los bosques, la vegetación en general, los peces, la rocas y los minerales, la energía solar, la fauna y la energía atómica (Stanley, 1980).

Randall (1985), concibe como recurso algo que tiene utilidad y valor en el estado en que se encuentre. En el caso del estado natural puede considerársele como un insumo que será utilizado en un proceso de producción y generará valor; o bien, puede pasar directamente al proceso de consumo y ser así valorado como un satisfactor; un recurso posee dimensiones: cantidad, calidad, tiempo y espacio.

El concepto recurso permite comprender su importancia en el entendimiento de la codependencia que se ha generado de las especies, incluyendo al hombre, hacia otras especies y a los factores del medio biótico.

2.9.1 Suelo. El suelo es un cuerpo natural, forma parte de los ecosistemas, desde el punto de vista agronómico, es un producto natural resultado del intemperismo de las rocas, se encuentra en la parte superficial de la corteza terrestre, sirve como soporte para las plantas y es el hábitat para microorganismos, ya que de ahí obtienen agua y nutrimentos. El suelo posee profundidad y extensión, se conforma por materiales minerales: arcillas, limos y arenas, materia orgánica, agua y aire; en esta mezcla de minerales materia orgánica, agua y aire, viven innumerables macro y microorganismos: hongos, bacterias y actinomicetos (Buckman y Brady, 1977; Ortiz y Ortiz, 1990; Porta *et al.*, 1994).

El suelo es el soporte de plantas y animales, es objeto de estudio para los científicos de la agronomía. Ortiz y Ortiz (1987), señalan que el suelo es un recurso limitado, de vital importancia para la producción agropecuaria y forestal, y debe ser objeto de un aprovechamiento racional.

Young (1991), complementa que el suelo en el contexto de sus características, representa una de las fuentes más importantes de nutrimentos, sustento y humedad

para las plantas y animales de importancia económica para el hombre. Las plantas requieren aire y agua, además de un número de elementos químicos, que en la naturaleza son proporcionados por las sustancias minerales que se tienen en el recurso suelo y que son absorbidas a través de las raíces (Navarro, 2003). El Cuadro 2 presenta los elementos requeridos por las plantas, que suman 16, los cuales en la naturaleza las plantas los toman del suelo.

Cuadro 2. Elementos esenciales requeridos por las plantas.

Nutrientes Esenciales para las plantas					
Para todas					Para algunas
Requeridos en cantidades grandes relativamente			En cantidades pequeñas relativamente		En cantidades pequeñas relativamente
Extraídos por lo general del aire y del agua	De los sólidos del suelo		De los sólidos del suelo		De los sólidos del suelo
	Primarios	Secundarios			
1. Carbono (C)	4. Nitrógeno (N)	7. Azufre (S)	10. Hierro (Fe)	13. Zinc (Zn)	17. Sodio
2. Hidrógeno (H)	5. Fósforo (P)	8. Calcio (Ca)	11. Manganeseo (Mn)	14. Cobre (Cu)	18. Silicio
3. Oxígeno (O)	6. Potasio (K)	9. Magnesio (Mg)	12. Boro (B)	15. Molibdeno	19. Cobalto
				16. Cloro	20. Vanadio

Fuente: Mengel y Kirby, 1987; Navarro, 2003.

En un ecosistema la materia orgánica del suelo proviene de las raíces, residuos de las plantas y organismos vivos o muertos del suelo. Es una fracción activa e importante del suelo, químicamente es la fuente de casi todo el Nitrógeno (Navarro, 2003).

La materia orgánica desempeña un papel fundamental sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Físicamente, interviene en la floculación y dispersión del sistema coloidal del suelo: (a) incrementado la capacidad de retención de humedad; (b) abatiendo las pérdidas de agua, reduciendo la erosión, además consolidando los suelos; (c) favoreciendo la agregación de los suelos compactos (arcillosos), manteniendo de esta forma condiciones favorables para la aireación y permeabilidad (Labrador, 1996).

2.9.2 Humus. Son las sustancias orgánicas de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de la materia orgánica de origen vegetal y animal, bajo la acción de los microorganismos del suelo, al mineralizarse libera paulatinamente los elementos nutritivos para las plantas (Labrador, 1996). Luego entonces, las sustancias húmicas sirven como fuente de nutrimentos, como Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Azufre (S); e influyen en las propiedades físicas del suelo.

De los nutrimentos, que la planta requiere para su crecimiento y desarrollo, como se ha mencionado, la mayoría los toma del suelo, donde la oferta que se ofrece para la producción vegetal depende de la existencia de reservas en el suelo, destacando el Nitrógeno, quien se relaciona con la materia orgánica contenida en el suelo. En nuestro país los niveles de materia orgánica en el suelo predominantemente califican como bajos, como se ilustra en la Figura 17.



Figura 17. Distribución de la materia orgánica en los suelos de México (Ojeda, 1987).

Luego entonces, la incorporación de abonos orgánicos a los suelos agrícolas de México se convierte en una necesidad imperiosa. Particularmente ante la crisis financiera y energética mundial, que ha llevado a una eliminación progresiva de los subsidios al campo, con un incremento en los precios de los fertilizantes químicos.

2.9.3 Nitrógeno en el suelo

En la agricultura de temporal el suelo es un factor indispensable para la producción de los cultivos, de manera que es fundamental considerar su capacidad para abastecer nutrimentos a las plantas, lo cual es importante en la fertilidad. En México, las investigaciones realizadas al respecto, indican deficiencias serias de Nitrógeno.

Las rocas no contienen nitrógeno, el suelo posee nitrógeno en forma orgánica (99%). El nitrógeno proviene del aire mediante la fijación simbiótica (leguminosas) y microorganismos fijadores de nitrógeno libre del aire. La totalidad del nitrógeno está determinada por: (1) los residuos orgánicos; (2) el nitrógeno de origen atmosférico abastecido por los *Rhizobium*; (3) los aportes del agua de lluvia en forma generalmente de pequeñas porciones de amoníaco; (4) los aportes de la fertilización, y (5) la incorporación de abonos orgánicos (Mengel y Kirby, 1987; INPOFOS, 1997).

La distribución del nitrógeno en los suelos de México, se ilustra en la Figura 18, que revela que este nutriente requiere una aportación periódica, donde los abonos orgánicos desempeñan un papel importante.

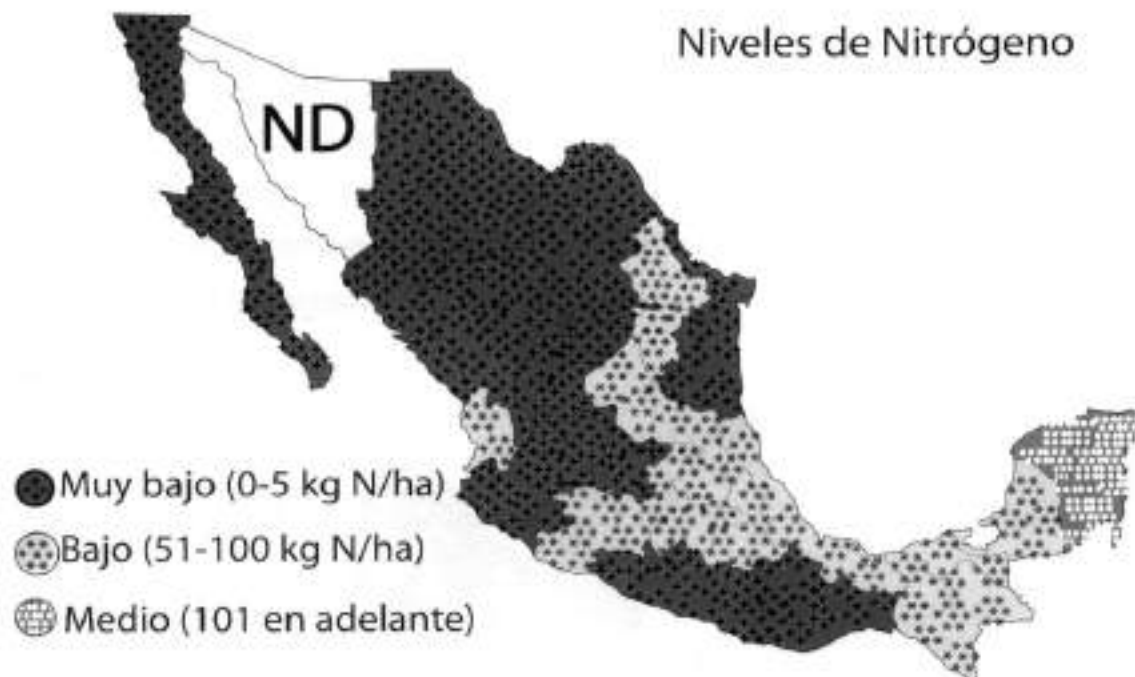


Figura 18. Distribución espacial del contenido de nitrógeno en los Suelos de México (Ojeda, 1987).

2.9.4 Fósforo en el suelo

El Fósforo en el suelo se clasifica como orgánico e inorgánico, ello depende de los compuestos donde se encuentre. La fracción inorgánica se encuentra combinada con Hierro, Aluminio, Calcio, Flúor, y otros elementos; estos compuestos son ligeramente solubles en agua; los fosfatos forman complejos con las arcillas, los cuales son insolubles (Kirby y Mengel, 1987).

El fósforo forma los compuestos más sencillos con el Calcio, dando lugar a los fertilizantes conocidos como fosfatos mono y dicálcicos, los cuales a su vez son los más fácilmente asimilables por las plantas. La mayoría de los cultivos recuperan solamente del 10 al 30% del Fósforo aplicado en el primer año después de la fertilización química (Buckman y Brady, 1977; Tisdale y Nelson, 1996; Navarro, 2003).

En general los fertilizantes fosfatados tienen poca movilidad en el suelo por ello es conveniente situarlos en la zona de profundidad de las raíces; se recomienda adicionarlos en una sola aplicación. Entonces, ante la importación de los fertilizantes fosfatados amónicos, una alternativa para México es la producción de abonos orgánicos, ya que los niveles de este nutrimento en los suelos mexicanos califica de bajo a medio, predominantemente.

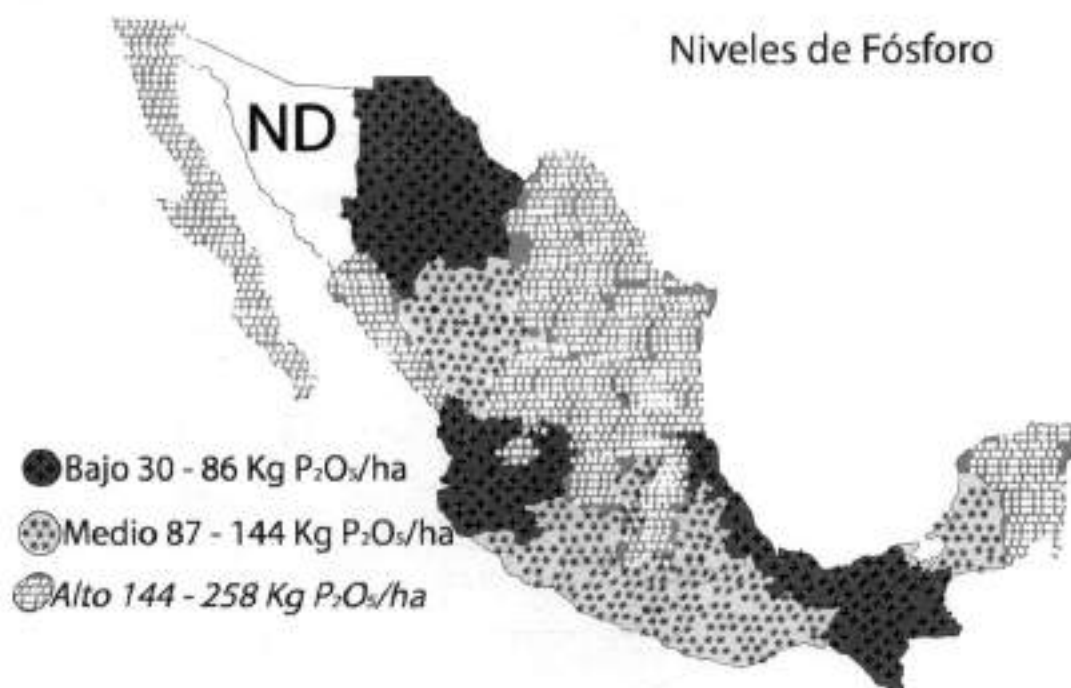


Figura 19. Distribución espacial del fósforo en los suelos agrícolas de México (Ojeda, 1987).

2.9.5 Potasio

El Potasio está considerado entre los tres principales macronutrientes debido a la gran cantidad requerida en plantas y animales. En el suelo el Potasio existe en tres formas: (1) fijado o relativamente no disponible; (2) lentamente disponible; y (3) fácilmente disponible. Estas formas se consideran que están en equilibrio (Buckman y Brady, 1977; INFOPOS, 1997; Kirby y Mengel, 1987).

Las necesidades de las plantas a este elemento son altas; cuando está presente en pequeñas cantidades aparecen en la planta síntomas característicos de deficiencia. El Potasio es un elemento móvil que se traslada a los tejidos jóvenes cuando ocurre una deficiencia; interviene en procesos osmóticos: sintéticos y estabilidad de proteínas, apertura estomatal, permeabilidad de la membrana, control de pH y activación enzimática entre otros. La bondad de los abonos orgánicos es que por la carga coloidal se mejora sustancialmente la capacidad de intercambio catiónico, lo cual evita la lixiviación o lavado del Potasio, particularmente en los suelos tropicales (Buckman y Brady, 1977; INFOPOS, 1997; Kirby y Mengel, 1987). La Figura 20 muestra el nivel de Potasio de los suelos de México.

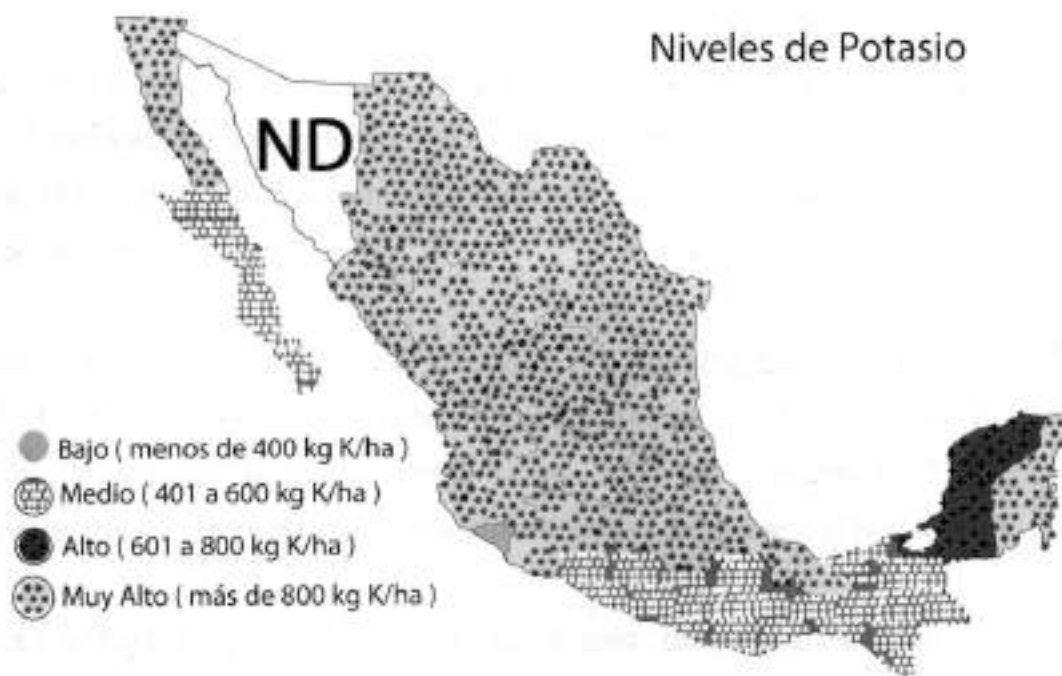


Figura 20. Distribución espacial del Potasio en los suelos agrícolas de México (Ojeda, 1987).

El suelo es un recurso natural renovable que puede perderse por erosión, con ello se pierde la capa superficial que es donde se encuentran los 16 nutrientes que las plantas necesitan. En la agricultura tradicional, por ejemplo la cafecultura de las

zonas indígenas donde no se aplican fertilizantes químicos ni abonos orgánicos, los suelos se han empobrecido de los 16 nutrimentos por dos vías: (a) por fenómenos naturales, como los huracanes, cuyas fuertes lluvias lavan los suelos; (b) por la continua extracción de nutrientes solo por los cultivos. Las ganancias de nutrientes sólo se obtienen por la materia orgánica que proporcionan los árboles de sombra en forma de hojarasca, que se humifica y mineraliza en el cafetal.

2.10 Entorno nacional de los fertilizantes químicos

Como se ha señalado, las ganancias de nutrientes en un suelo agrícola puede ser por varias vías: (1) la aplicación de fertilizantes químicos; (2) la adición de abonos orgánicos; (3) la incorporación de materia orgánica; (4) incorporando microorganismos.

El mercado de los fertilizantes en México en los últimos años alcanzó un volumen de 4.5 millones de toneladas comercializadas donde la producción nacional representa el 30%, con productos como superfosfato de calcio simple y triple, así como sulfato de amonio.

En nuestro país, a partir del año 2001 se importa el 100% de urea, 100% de los fosfatos amónicos que se consumen, además que históricamente se han importado los fertilizantes potásicos, durante el 2005 se importaron 2,930,000 TM que representa el 70% del total de fertilizantes comercializado (ANACOFER, 2006).

Los fertilizantes que se importan en el país, predominantemente provienen de Rusia, Ucrania y Estados Unidos principalmente, como se reporta en el Cuadro 3, estos productos son puestos a disposición del productor agropecuario nacional, con precios internacionales al alza particularmente de urea y los fosfatos amónicos, que son derivados del petróleo.

Cuadro 3. Principales países exportadores de fertilizantes a México.

País	IMPORTACIONES DE MEXICO POR PAÍS DE ORIGEN (%) EN 2005								
	UREA	FOSFONITRATO	SULFATO DE AMONIO	NITRATO DE AMONIO	FOSFATO DIAMONICO	FOSFATO MONOAMONICO	CLORURO DE POTASIO	SULFATO DE POTASIO	NPK'S
BÉLGICA			40	5					10
BULGARIA		14							
CANADA							53		
CHILE								40	
COREA DEL SUR			28						
E. U. A.	23	4		11	100	76	26	50	10
MARRUECOS						16			
NORUEGA									18
RUSIA	48	79	8	74			21		40
UCRANIA	23		26	10					14
VENEZUELA	5								
OTROS	1	3				8		10	10
TOTAL TM	1,370,000	155,000	102,000	47,000	415,000	135,000	236,000	45,000	175,000

Fuente: Elaboración propia con datos de la Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes, A. C., 2006.

2.10.1 Cadena industrial de fertilizantes

En el país se identifica que la cadena de los fertilizantes químicos es la siguiente: (1) fabricantes;(2) distribuidores industriales, nacionales y extranjeros; (3) distribuidores locales;(4) detallistas;(5) ingenios azucareros; y (6) sector público.

2.10.1.1 Productores nacionales

(1) La producción nacional de sulfato de amonio, se concentra en cinco plantas.

Planta Univex (Salamanca): 300,000 TM

Planta Agrogen (Querétaro):3000,00 TM

Planta Fertirrey (Torreón): 220,000 TM

Planta Fegusa (Guadalajara): 140,000 TM

Planta Fesur (Minatitlán): 160,000 TM

(2) La producción nacional de superfosfatos se ubica en dos plantas:

Planta Rhodia (Coatzacoalcos): 200,000 TM (SFT)

Planta Agrogen (Querétaro): 50,000 TM (SFS)

2.10.1.2 Importadores

Entre los distribuidores industriales que son importadores y tienen cobertura nacional y/o regional, encontramos:

1. Agrogen, S.A de C.V.
2. Bodegas y Agroindustriales de Tapachula, S.A de C.V. (BYATSA).
3. Consultores en Marketing Agropecuario, S.A de C.V. (COMAGRO).
4. Comercializadora Profesional de Productos Químicos, S.A de C.V (COMPROMEX).
5. Fertilizantes Olmeca y SQM, S.A de C.V.
6. Fertilizantes Mosaic, S. de R.L. de C.V.
7. Fertilizantes Tepeyac, S.A. de C.V.
8. Fertilizantes y Productos Agroquímicos, S.A de C.V. (FYPA).
9. Fertilizantes Químicos Comercial, S.A. de C.V. (FERTIQUIM).
10. Isaosa, S.A. de C.V.
11. Nutrifertil, S.A. de C.V.
12. Pacifex, S.A. de C.V.
13. Sefersa, S.A. de C.V.
14. Productora Nacional Agropecuaria, S.A. de C.V. (PRONAMEX).

La mayoría de ellos mezclan fertilizantes, envasan con marcas propias y venden a distribuidores regionales, locales, detallistas, ingenios azucareros, a agroempresas y en general al sector público.

2.10.1.3 Distribuidores locales

Comercializan fertilizantes de sus abastecedores, tienen coberturas en una zona, o bien a nivel municipal.

2.10.1.4 Detallista

Cubren una localidad, comercializan en bultos de 50 kilogramos, incluso practican el menudeo, se encuentran a nivel municipal y a nivel comunidad.

2.10.1.5 Ingenios azucareros

Atienden su área de abasto de caña de azúcar, atienden al productor cañero.

2.10.1.6 Sector público

Aquí se identifican instituciones federales, estatales y asociaciones de productores, que distribuyen fertilizantes, es el caso de las Secretarías de Desarrollo Rural de los estados, así como algunos municipios.

2.11 Bioeconomía

La sociedad comienza a construir economías sustentables, para ello ha acudido a minimizar la intensidad material y fósil del producto global y minimizar la producción de residuos, así como impulsar su aprovechamiento.

Así comienzan a identificarse esquemas de producción limpia, donde destaca la eficiencia energética, eco-etiquetado, reciclamiento de materiales, sistemas de incentivos, otros. Esto ha dado paso a la bioeconomía.

La bioeconomía es el nuevo paradigma de la ciencia económica, surgió debido a la alerta ecológica de los años setenta, que descubrió al proceso económico como una extensión de la evolución biológica. Se fundamenta en la termodinámica y la biología; tiene como finalidad integrar las actividades económicas en los ecosistemas porque las leyes de la macroeconomía no se reducen a las de la microeconomía, el interés general es mucho más que la suma de las partes, los mecanismos naturales no tienen nada que ver con las leyes del mercado y porque existen bienes comunes, como el aire y el agua, cuyos problemas trascienden la lógica de las naciones y de los mercados. De esta forma, la economía se sitúa más allá de sí misma y alumbra

un nuevo modelo de desarrollo, llamado bioeconómico, que concilia los intereses públicos, privados y solidarios con el interés general (Passet, 1996).

El desafío en desarrollar una actividad socioeconómica *humanista*, es como integrar los pilares culturales de Bioeconomía; es decir, los factores no-económicos de la cooperación, confianza, reciprocidad y fraternidad, en el presente sistema capitalista. Este empeño requiere un cambio fundamental de la actividad *transformadora* de la económica de *valor de intercambio* (crematística) del mercado, a una actividad bioeconómica *productiva* de *valor de uso* (Mohammadian, 2003).

Homo oeconomicus es un ser *avaro*, sin sentimientos, depredador y es opuesto al *Homo bioeconomicus*, que es un ser *satisfecho* con lo que posee, sensible a las necesidades de los demás y a las *realidades* sociales, económicas, biológicas y ambientales. De esta manera este nuevo ser cooperativo y en *armonía* con su medio puede cambiar la *cultura de avaricia* y el despilfarro, por la *cultura de suficiencia* y conservación. Así, también ayudará a infundir el don de solidaridad y fraternidad, a establecer las condiciones sociales necesarias para promover sostenibilidad, las relaciones de confianza entre los seres humanos, las de cuidado y preservación entre ellos y los compañeros planetarios de vida.

Una actividad socioeconómica con estas características y fundada en los principios biológicos de conservación, regeneración, reciclaje y respetando los ciclos temporales biológicos y los principios socioeconómicos de igualdad y equidad, tanto con los principios éticos de vivir de *la renta* de la naturaleza y no de su *capital* biológico, presenta una alternativa a la economía capitalista derrochadora y orientada al crecimiento máximo. Este tipo de economía se basa sobre la idea de que la creación de riqueza y la prosperidad humana es posible sólo, si la empresa humana sigue el camino del crecimiento *continuo*. Aunque es verdad que la economía debe crecer para crear riqueza para una cada vez mayor creciente población, no obstante, debe desarrollar un tipo de actividad socioeconómica que pueda lograrlo con mínima

penuria e injusticia a la gente, con mínimo daño ambiente y con la mínima pérdida de biodiversidad, para mantener la capacidad regenerativa del capital biológico.

Entonces, bioeconomía no debe ser entendida como una aproximación económica a lo viviente, sino como una aproximación viviente a la economía; la economía es una actividad de transformación calculada del mundo que tiene como finalidad satisfacer, de la mejor forma y con el mínimo de medios audazmente combinados, las necesidades humanas. La economía interviene en tres niveles: (1) transformación y cálculo, lo económico estrictamente hablando; (2) el nivel humano, que es para el que se efectúa la transformación; y (3) el nivel natural, que es el que se transforma y el que engloba materialmente a los anteriores. Estos tres niveles son interdependientes y la reproducción del económico implica al de las sociedades humanas y al de la naturaleza.

La propuesta de investigación que aquí se propone, constituye un ejercicio para impulsar sociedades con agroindustrias que produzcan sustentablemente, para ello deben modificar tecnologías, en el uso y manejo de los residuos; construir alianzas estratégicas con los poseedores de la tierra, con Universidades y con profesionales en el manejo de los residuos.

2.12 Análisis financiero

Un proyecto agrícola se constituye por el total de actividades que despliega la empresa para utilizar recursos con el fin de obtener beneficios (Gittinger, 1982). Entonces, un proyecto es un documento técnico que considera estudios que orientan la utilización correcta de recursos para obtener uno o más productos y subproductos, en un tiempo determinado, además evalúa si se justifica la asignación de recursos a dicha actividad productiva (Muñante, 2009).

En síntesis, un proyecto productivo es una actividad donde se realizan inversiones, se obtienen rendimientos; exige planeación, financiamiento y ejecución. Los proyectos en su preparación y análisis (Gittinger, 1982), destacan seis aspectos: (1)

técnicos; (2) marco institucional; (3) social; (4) comercial; (5) financiero; y (6) económico.

Entonces un proyecto, es una herramienta para ofrecer una solución al problema económico que se plantea, reúne los antecedentes y la información necesaria que garantice canalizar recursos de manera racional a la alternativa de solución más eficiente y viable. Al proceso de establecer ventajas y desventajas de asignar recursos a un determinado objetivo, se le conoce como evaluación de proyectos.

2.12.1 Tipos de evaluación

En opinión de Gittinger (1982), la evaluación económica de proyectos se aplica a los públicos y privados. Muñante (2009), describe que la evaluación económica es un análisis metodológico que conduce a comparar los costos y beneficios presupuestales, lo que permite determinar la rentabilidad financiera y/o social; son indicadores de rentabilidad los que orientan la realización del proyecto.

Evaluación social de proyectos. El proyecto pertenece a una persona, empresa o institución; considera los costos y beneficios que implica el proyecto para la economía o la sociedad, considerada como un todo, sin importar el sector social que aporte los recursos o se beneficie. Este análisis tiene como objetivos:

1. Determinar si la ejecución del proyecto contribuirá al desarrollo del sector social al que se identifique y a la economía nacional.
2. justificar el uso de recursos económicos destinados al proyecto, así como la aportación del proyecto a la economía.

Como indicadores en la evaluación social de proyectos, se utiliza la Tasa Social de Actualización (TSA); el parámetro de aceptación es la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS). Muñante (2009), presenta los indicadores de aceptación para un proyecto de inversión tipo social.

(a) Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN_{(TSA)} \geq 0$$

(b) Relación Beneficio – Costo (B/C)

$$B/C_{(TSA)} \geq 1$$

(c) Relación Beneficio – Inversión Neta (N/K)

$$N/K_{(TSA)} \geq 1$$

(d) Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$TIR \geq TSA$$

Evaluación financiera o privada de proyectos. Tiene el fin de determinar la rentabilidad de todos los recursos invertidos en la realización del proyecto cuando es el caso de un análisis sin financiamiento; o bien determinar la rentabilidad de la parte que aporta el inversionista al proyecto. A este análisis se le conoce como rentabilidad financiera del proyecto.

Los objetivos del análisis financiero son:

Valorar si el análisis es suficientemente rentable para poder decidir invertir en él.

La decisión de invertir en el proyecto se contrasta con el mejor uso alternativo factible de inversión.

Conocer si el proyecto podrá obtener los fondos necesarios para cumplir con sus compromisos financieros.

En la evaluación financiera o privada de proyectos, sólo se consideran los costos y beneficios del dueño del proyecto, que puede ser una persona, empresa o institución; considera los precios de compra y venta, que operan en el mercado.

Se identifican dos tipos de evaluación privada:

Evaluación económica del dueño del proyecto. Supone que el promotor posee el 100% del capital necesario para financiarlo y que las operaciones son de riguroso contado. La evaluación económica determina:

1. La conveniencia del proyecto en su totalidad.
2. Los beneficios se estiman por los bienes y servicios que produce el proyecto.
3. La satisfacción de los intereses del dueño.
4. Los costos privados equivalen a lo que el dueño debe desembolsar.
5. Es el origen de un flujo de fondos por ingresos y egresos de caja a lo largo del tiempo.
6. El flujo de caja se conoce como flujo privado del proyecto.

Evaluación financiera. Aquí se distingue el capital del dueño del proyecto y el capital proveniente de préstamos, los préstamos se cuantifican como ingresos, los pagos e intereses como costos financieros.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 La región de estudio

El estudio está orientado a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), ésta región corresponde a la Cuenca de México, espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales se alimentan exclusivamente por las precipitaciones y sus excedentes en agua forman en un punto espacial único una desembocadura; la cuenca tiene componentes el valle, el parteaguas, y en la parte intermedia el pie de monte y la sierra. La ZMCM está constituida por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 35 municipios del Estado de México.

Se encuentra situada en el extremo sur del altiplano mexicano, limitada al Norte por la Laguna de Zumpango y el Cerro Gordo; al Este por los llanos de Otumba-Ciudad Sahagún y la Sierra Nevada; al Sur por las Sierras de Chichinautzin y del Ajusco y al Oeste por las Sierras de las Cruces. Tiene aproximadamente 4,850 kilómetros cuadrados de superficie, de la cual solamente el 30% es de relieve plano, la Cuenca referida tiene una altitud mínima de 2,120 m, una máxima de 5,225 m y una media de 2,612.32 m.

De contorno irregular, es de forma cuadrangular con una extensión más amplia hacia el norte; en su eje mayor, desde las chinampas de Xochimilco al suroeste, hasta las regiones semiáridas de Otumba en el noreste, mide unos 100 km; en su eje menor desde los bosques frondosos que coronan la sierra de las Cruces, en el oeste, hasta las cimas nevadas del Iztaccíhuatl en el este, mide unos 80 km, incluyendo la región situada al pie norte de la Sierra de Calpulalpan. Está situada en el borde sur de la Mesa Central entre los meridianos 98° 35' y 99° 20' y los paralelos 19° 00' y 19° 50', como se ilustra en la Figura 21.

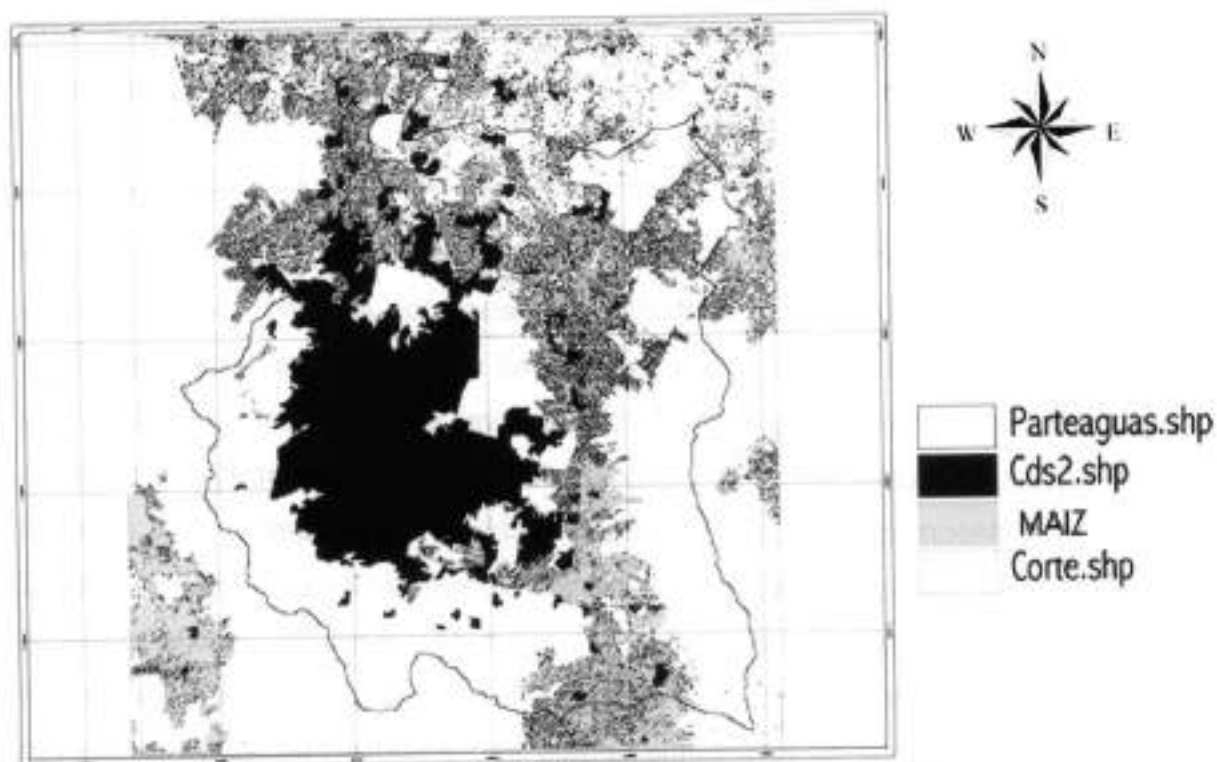


Figura 21. Cuenca de México, uso del suelo y mancha urbana.

Fuente: Noriega, 2008.

3.2 Metodología

Aquí se describe como se realizaron las actividades de búsqueda, hallazgo, construcción y análisis del estudio

Método histórico. Para comprender de manera lógica lo que ocurre con la problemática ambiental de los residuos, requirió acudir al Método Histórico, que consiste en: "analizar la trayectoria concreta de la teoría, su condicionamiento a los diferentes períodos de la historia", ya que los métodos lógicos se basan en el estudio histórico poniendo de manifiesto la lógica interna de desarrollo, de su teoría y hallar el conocimiento más profundo de ésta, de su esencia.

Entonces para el caso particular del tema que nos ocupa se utilizan varios años de referencia: (a) 1979 por los seis tiraderos en funcionamiento; (b) 1987 año de la muerte del Sr. Rafael Gutiérrez Moreno líder de los pepenadores; (c) 1992 año en

que se celebró la reunión Cumbre de la Tierra, donde se acuña el concepto del desarrollo sustentable, con lo que inicia en México la época de la legislación ambiental.

Método analítico. Una vez identificados los elementos del proyecto como: generación de residuos, compostaje, métodos, normatividad del manejo de los residuos sólidos, estándares de calidad, mercado, costos, maquinaria y equipo, se procedió a sistematizar cada uno de ellos y mediante el análisis se identificó que existe una interrelación de éstos elementos y que este estudio guiará la toma de decisión para el manejo de residuos orgánicos mediante compostaje en cualquier Zona Metropolitana generadora de residuos. Es decir se puso en práctica el Método Analítico, el cual está vinculado al conocimiento de las distintas etapas de los objetos en su sucesión cronológica, para conocer su evolución y desarrollo, para lo cual es necesario revelar su historia y las etapas principales en su sucesión, poniendo de manifiesto la lógica interna del desarrollo, teoría y conocimiento.

3.2.1 Concepto del proyecto

En la ZMCM destacan problemas ambientales de gran magnitud, a saber: rompimiento del ciclo hidrológico; hundimiento de la ciudad; crecimiento demográfico y urbano; pérdida de suelos agrícolas; deforestación; erosión hídrica y eólica; reducción de áreas verdes urbanas; degradación de la calidad del aire; problemas de equidad y desigualdad entre el campo y la ciudad; pérdida de riqueza arqueológica, histórica, cultural y etnobiológica; generación y acumulación de residuos sólidos, que es el tema que nos ocupa.

En el Distrito Federal la generación de residuos alcanza 12,000 toneladas/día (INEGI, 2007c), las cuales son confinadas en el relleno sanitario Bordo Poniente, que será clausurado, dado que su vida útil ha finalizado. Esta situación exige buscar alternativas que atiendan el manejo de los residuos con tecnologías ambientalmente limpias, como el compostaje.

Para realizar la presente investigación se siguió el diagrama de la Figura 22.

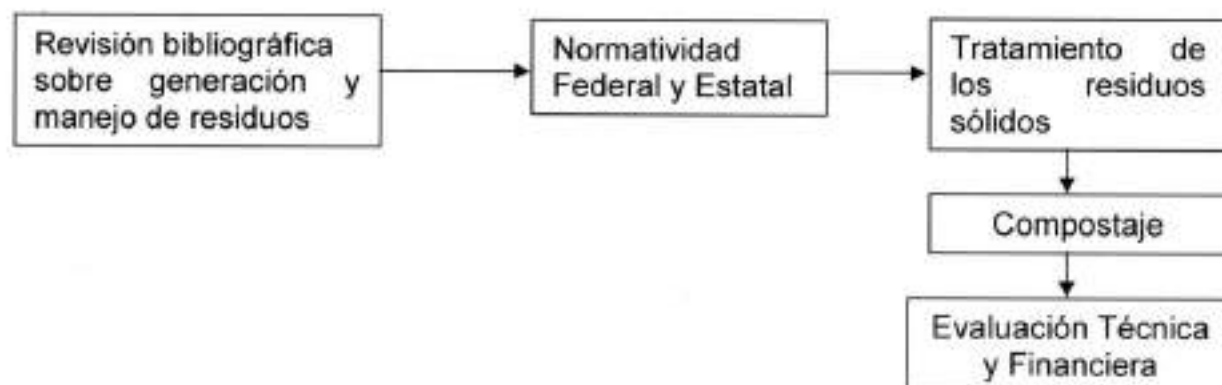


Figura 22. Diagrama de flujo para el estudio de la problemática de los residuos.

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar un acopio y sistematización adecuada se estratificó en:

- (1) La generación de los residuos sólidos en México es creciente, por ello se tomó como año de referencia 1979 cuando se tenían seis tiraderos a saber: (1) Santa Cruz Meyehualco; (2) Santa Fe; (3) Tarango; (4) San Mateo Nopala; (5) Milpa Alta; y (6) Cerro de la Estrella y luego 1987 año de la muerte de Don Rafael Gutiérrez Moreno, que es cuando se inicia el discurso ecológico sobre el manejo de los desechos sólidos.
- (2) Delimitar los conceptos centrales que se abordan en la propuesta como son: residuo y residuos de manejo especial.
- (3) Conocer aspectos como: (a) caracterización de los residuos sólidos municipales; (b) el inventario de agroindustrias en la Zona Metropolitana; (c) identificación del costo de disposición, lo que pagan por deshacerse de éstos; (d) costos en los sitios de disposición final; y (e) inventario de los sitios de disposición final. Esto condujo consultar a expertos en el compostaje, en nutrición vegetal y fertilidad de suelos, así como agricultura orgánica para dimensionar y cuantificar el proceso de compostaje y sus aplicaciones.

3.2.2 Evaluación Técnica

Se identificó a la empresa social Abonos y Sustratos Orgánicos de México, S. P. R. de R. L., quien durante el año 2008 facilitó la información del proceso de compostaje, así como costos para generar un modelo de plantas de compostaje de tamaño industrial aplicable a cualquier Zona Metropolitana.

3.2.3 Evaluación financiera

La evaluación financiera consistió en construir los flujos de dinero proyectados que en un horizonte temporal serán hipotéticamente generados, para después descontarlos a una tasa adecuada de manera tal que se pueda cuantificar la generación de valor agregado y su monto.

El análisis para esta investigación consistió en comparar los costos y los beneficios en que incurrirá el proyecto con el propósito de identificar una alternativa a las empresas generadoras de residuos sólidos de manejo especial y a los productores de abonos orgánicos, mitigando por una parte el problema ambiental, además de comparar y determinar la viabilidad técnica y financiera.

Por lo tanto, se proporciona información sobre las cantidades efectivas y el calendario de entradas y salidas de fondos necesarios para llevar el proyecto; generar información indispensable para la planificación y el control presupuestario.

En la evaluación se calculó el capital de trabajo, presupuesto de inversión, programación, proyección de ingresos y egresos al establecer una planta de compostaje de tamaño industrial, así como el flujo de efectivo; este tipo de evaluación considera los criterios que permiten incorporar la inversión fija, diferida y el capital de trabajo, con ello se calcularon los indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Relación Beneficio/Costo (R B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de un proyecto de inversión para una planta de compostaje.

3.2.3.1 Valor actual neto. Calcula la diferencia existente entre el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costos a una tasa de actualización previamente establecida. Para aplicar este indicador se actualizaron los costos y los beneficios registrados en diferentes periodos y se expresan todos como un valor común en un momento determinado.

Si el VAN del proyecto es negativo, es decir, si el valor actualizado de los beneficios es menor que el valor actualizado de los costos, el proyecto deberá entonces ser rechazado. Este indicador, se expresa de manera matemática como sigue:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_n - C_n}{(1 + i)^n}$$

Donde:

Bn= Beneficio de cada año

Cn= Costo de cada año

i= Tasa de actualización

3.2.3.2 Relación beneficio-costos. La relación beneficio-costos se utilizó casi exclusivamente como medida de beneficio social, es decir, para el análisis económico.

Esta relación, se entiende como el cociente que resulta de dividir el valor actual de la corriente de beneficios entre el valor actualizado de la corriente de costos, habiendo elegido una tasa de actualización adecuada, se expresa de forma matemática como sigue:

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_n}{(1 + i)^n}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_n}{(1 + i)^n}}$$

3.2.3.3 Tasa interna de retorno. Este indicador, es una forma de utilizar el flujo de fondos actualizados en el que el VAN es igual a cero. Una forma práctica de

calcularlo, fue haciendo variar el factor de actualización hasta que igualemos el VAN a cero y/o la R B/C se iguale a uno.

El uso de la TIR como indicador para la toma de decisiones, supone implícitamente que los beneficios en los períodos "t" se reinvierten a una tasa de descuento igual a la misma TIR. La TIR es la tasa media de rendimiento sobre los fondos invertidos a través del tiempo de vida útil del proyecto; así pues, una TIR de 10% indicaría a un inversionista, que se obtendrán 10 centavos por año por cada peso invertido y durante los años que la inversión se mantenga dentro del proyecto.

En la utilización de la TIR para evaluar proyectos, el criterio de decisión consiste en aceptar todos aquellos proyectos cuya TIR sea superior al costo de oportunidad del capital invertido, aunque un proyecto con una TIR de uno ya se le puede considerar como factible. Para el caso de evaluaciones financieras, la mayoría de los autores recomiendan el uso de la TIR como criterio resolutorio, utilizando además el VAN y la relación B/C como criterios de apoyo.

3.2.3.4 Punto de equilibrio. Es una herramienta financiera que permite determinar el momento en el cual las ventas cubren exactamente los costos, expresándose en valores, porcentaje y/o unidades, además muestra la magnitud de las utilidades o pérdidas de la empresa cuando las ventas excedan o descendan por debajo de este punto, de tal forma que este viene a ser un punto de referencia a partir del cual un incremento en los volúmenes de venta generará utilidades, pero también un decremento ocasionará pérdidas, por tal razón se deberán analizar algunos aspectos importantes como son los costos fijos, costos variables y las ventas generadas.

Para la determinación del punto de equilibrio debemos en primer lugar conocer los costos fijos y variables de la empresa; entendiendo por costos variables aquellos que cambian en proporción directa con los volúmenes de producción y ventas, por ejemplo: materias primas, mano de obra a destajo, comisiones, etc. Por costos fijos, aquellos que no cambian en proporción directa con las ventas y cuyo importe y

recurrencia es prácticamente constante, como son la renta del local, los salarios, etc. Además debemos conocer el precio de venta de los productos que se están procesando y comercializando, así como el número de unidades producidas.

Para el cálculo de estos indicadores se utilizaron hojas de cálculo de Windows Vista (EXCEL).

3.2.4 Cartografía

Para identificar las áreas de mayor aptitud para establecer plantas de compostaje en el oriente del Valle de México se utilizó como plano base la carta vectorizada E14-2 "Ciudad de México", escala 1:250,000 de INEGI, de agosto de 1998; para el desarrollo del presente trabajo, se utilizó una imagen multiespectral de satélite LandSat-TM 2646, con 6 bandas del espectro electromagnético; la imagen fue recortada al tamaño de los municipios del Oriente del Estado de México, se trabajaron en ERDAS 8.3 para Windows. El formato de los datos fue binario tipo byte, el sistema de referencia utilizado fue UTM NAD-27 con unidades en metros. La imagen clasificada en formato *.lan se importó con Arc View 3.1 con un tamaño de pixel de 60*60 metros y se le aplicó un paso de filtro de 3*3 con la moda aritmética para darle mayor homogeneidad a la clasificación.

Para la clasificación de la imagen una de las técnicas empleadas es el procesamiento digital, consistió en discriminar los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo bajo patrones espectrales característicos de la imagen, mediante la utilización de programas de cómputo especializados, tales como el IDRISI, ILWIS, ERDAS, ARC VIEW, entre otros.

Analizando la emisividad de la imagen satelital, lo cual corresponde a diferentes unidades de suelo, se clasificó la imagen de acuerdo a la temperatura de la superficie obtenida por el dato térmico proporcionado por el infrarrojo térmico emitido e identificado en la banda 6, de conformidad con lo expuesto por Yang y Wang (2000), que auxiliados de Sistemas de Información Geográfica se obtuvo un mapa

preciso de las áreas potenciales para ser utilizadas en el establecimiento de plantas de compostaje.

3.3 Presentación de resultados

El trabajo tiene un estilo expositivo y presenta los resultados obtenidos, que son formulaciones que deben tenerse en cuenta para el manejo futuro de los residuos orgánicos.

4. RESULTADOS

4.1 Evaluación técnica

El presente trabajo se realizó durante 2008, esta fase del estudio se divide en tres partes.

4.1.1 Tamaño de la planta de compostaje

De acuerdo a la Norma Técnica Estatal NTEA-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos, las plantas de compostaje se clasifican en función del volumen de mejoradores de suelos producidos por día: (a) menor o igual a 5 ton/día; (b) mayor a 5 y menor o igual a 20 ton/día; y (c) mayor a 20 ton/día o mayor a 7,500 toneladas por año en base seca.

El ejemplo que se ilustra corresponde a la empresa social Abonos y Sustratos Orgánicos de México S. P. R. de R. L., que ha desarrollado una logística para procesar 16,867 m³ de residuos al año, equivalentes a 20,000 toneladas/año de residuos de manejo especial proveniente de la agroindustria asentada en la Ciudad de México. Los residuos que se procesan pueden constituir un ejemplo de operaciones orientadas a dar un tratamiento global a los residuos de manejo especial.

4.1.2 Sistema de gestión

Las actividades asociadas a la gestión comprenden cinco elementos funcionales.

4.1.2.1 Generación de residuos

En esta etapa se conoce la cantidad generada, la composición, las variaciones temporales; el generador envía al laboratorio químico muestras de los residuos para obtener las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico-infeccioso (CRETIB) de acuerdo a los procedimientos de la norma NOM-053-SEMARNAT-93.

Posteriormente la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de la SEMARNAT, emite constancia de no peligrosidad del residuo y que se encuentran dentro de las características CRETIB de la NOM-052-ECO-93.

4.1.2.2 Prerrecojada. Una vez que la autoridad ambiental emite la calificación de un residuo no peligroso, el generador identifica al servicio de recolección privado, quien coloca contenedores en la agroindustria para acopiar los residuos de manejo especial.

4.1.2.3 Recogida. Comprende las labores de carga y transporte de la planta agroindustrial del generador hasta la planta de compostaje.

4.1.2.4 Recepción en la planta de compostaje. Comprende las actividades de recepción de los diferentes materiales, los cuales son colocados en tinas de deshidratación y patios de uso múltiple.

4.1.2.5 Procesamiento. Incluyen procesos de separación, manejo y transformación de los residuos de manejo especial; el proceso de transformación incluye la distribución de capas de materiales en la pila de composta.

4.1.2.6 Materiales. Los residuos de manejo especial que se reciben para el proceso de compostaje, son siete:

Biosólidos de papa. Son residuos finos, compuestos por partículas de arcillas y cáscara de papa (*Solanum tuberosum*); su apariencia física es un lodo, con 70% de humedad en promedio.

Biosólidos de lácteos. Son residuos finos, compuestos por partículas sólidas que se encuentran en suspensión en la leche; que una vez que se realiza el proceso de filtración de lácteos y agua se obtiene un material biosólido con alrededor de 90% de agua.

Yoghurt. Es un residuo que se obtiene de material caduco o bien de destrucción comercial.

Residuos de malta. Residuos que provienen del proceso de la elaboración de cerveza; tiene la apariencia física de un biosólido, con alrededor de 60% de humedad.

Residuos de maíz. Son residuos como granos de maíz, harinas y masa, principalmente; provienen de la industrialización del maíz.

Residuos de cebolla. Son residuos producto de la limpieza del bulbo de cebolla (*Allium fistulosum*), provienen de centros comerciales.

Estiércol de equino. Es un producto sólido, voluminoso que viene con paja, viruta y aserrines, materiales que son utilizados con el fin de absorber excretas líquidas de los equinos.

4.1.3 Volumen procesado

La planta de compostaje que se ha utilizado para realizar la cuantificación recibe residuos en un volumen de 46 m³/día.

El Cuadro 4 presenta el reporte anual de recepción de los residuos de manejo especial, lo que destaca es que en el compostaje industrial se debe contar con espacio suficiente para recibir residuos durante toda la temporada de lluvias.

Cuadro 4. Recepción de residuos de manejo especial en Abonos y Sustratos Orgánicos de México, S. P. R. de R. L.

Residuo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1. Biosólidos de papa	297	249	393	381	313	489	313	441	329	409	377	409	4384
2. Biosólidos de lácteos	166	166	241	181	166	256	241	301	241	211	226	271	2670
3. Yogurth	34	34	49	49	19	79	49	34	49	64	34	94	585
4. Residuos de malta	241	33	289	257	209	497	225	465	321	225	209	193	3168
5. Residuos de maíz	552	90	68	90	68	332	640	508	442	508	442	530	4268
6. Residuos de cebolla	63	7	91	119	147	119	91	175	175	119	147	147	1400
7. Estiércol de equino	0	0	28	112	0	112	140	0	0	0	0	0	392
Sumatoria	1353.5	580	1160	1170	922.5	1885	1700	1925	1558	1537	1436	1645	16867
Promedio	193.36	82.79	185.64	167.07	131.79	289.21	242.79	274.93	222.50	219.50	205.07	234.93	

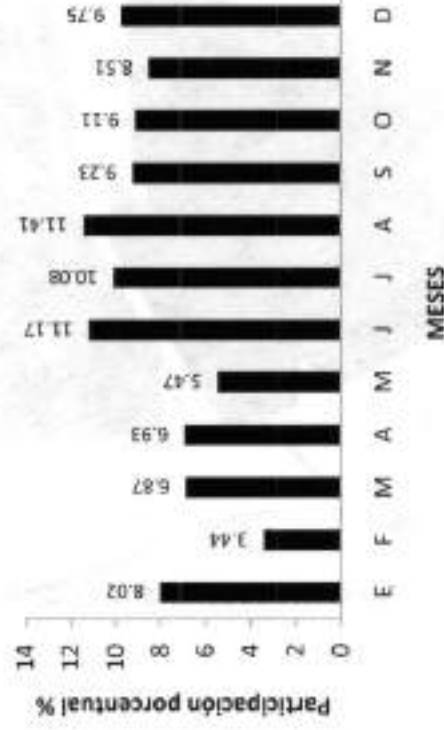


Figura 23. Participación porcentual de los residuos de manejo especial en Abonos y Sustratos Orgánicos de México S. P. R. de R. L.

Fuente: Elaboración propia, 2009.

4.1.4 Composición de la materia prima

Para el proceso de compostaje, la composición de la materia prima se ilustra en la Figura 24, donde se aprecia que los residuos de papa representan el 26%, los de malta 25%, biosólidos de lácteos 19%, estiércol de equino 19%, residuos de maíz 8% y de cebolla 3%.

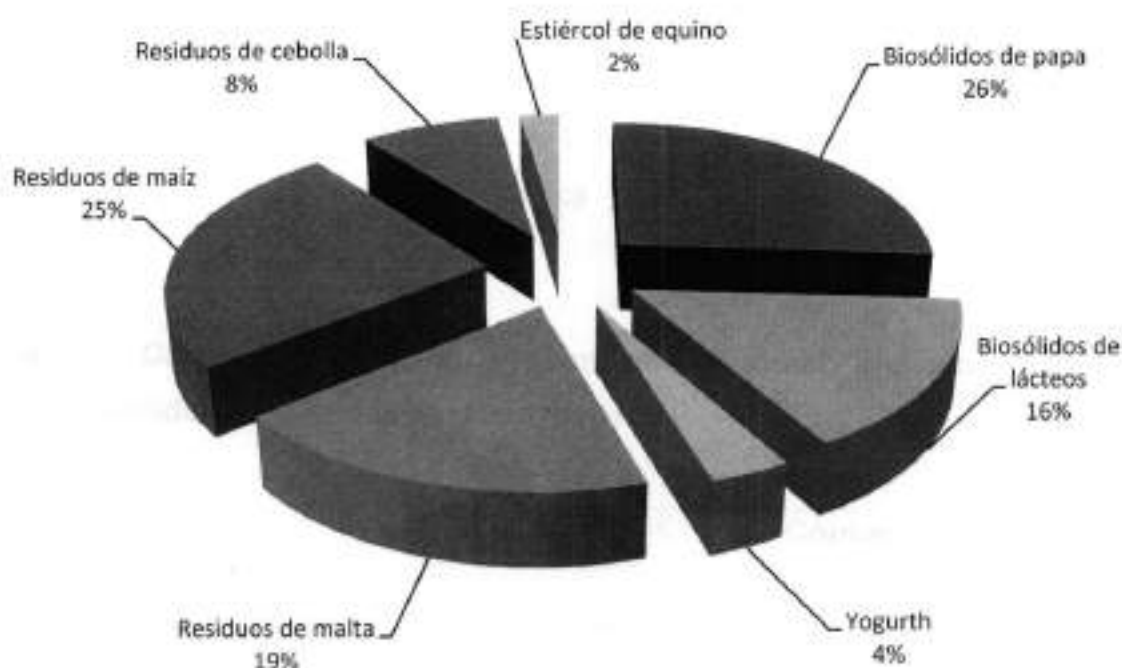


Figura 24. Composición de la materia prima proveniente de residuos de manejo especial útiles en el compostaje.

Fuente: Elaboración propia, 2009.

4.1.5 Características Físico – Químicas del Abono

Se utilizan residuos orgánicos frescos, saturados de agua, que califican como biosólidos, provenientes de la agroindustria. Este material es colocado en capas, formando pilas de aproximadamente 3 m de ancho por 50 m de largo y una altura inicial de 1 metro; a los quince días inicia el proceso de aireación con maquinas retroexcavadoras, después del volteo se incorpora material para incrementar el volumen de las hileras. En cada volteo se evalúan características como pH, nivel de humedad y temperatura.

Conforme transcurren los días existe pérdida de peso, así del 100% del peso inicial de los biosólidos a los 180 días se estabilizan en 29%; este comportamiento se explica porque al pasar el tiempo el esqueleto vegetal de los residuos de los desechos pierden su estructura inicial, debido a que los almidones, azúcares y ligninas son transformados a bióxido de carbono y agua, ésta última pérdida es por evaporación de manera cualitativa, esta fase de transformación se aprecia por el color de los materiales.

El material una vez transformado mediante compostaje en hileras, el análisis químico revela que atiende los requerimientos de la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006, por lo que califica como un abono orgánico, útil en la agricultura.

Cuadro 5. Características físico – químicas del abono orgánico, obtenido a partir de residuos orgánicos agroindustriales.

Parámetro	Concentración
Materia Orgánica	33.65 %
Nitrógeno Inorgánico	352.1 ppm
Fósforo Asimilable	558.56 ppm
Potasio Asimilable	5300 ppm
Calcio Intercambiable	2728 ppm
Magnesio Intercambiable	1009 ppm
Hierro	182.53 ppm
Cobre	1.23 ppm
Zinc	17.16 ppm
Manganeso	1113.56 ppm
Boro	18.30 ppm
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	77.3 Cmol (+) kg ⁻¹
Densidad Aparente	0.51 m ³ / tonelada

4.2 Ingeniería del Proyecto

En el país se carece de una norma oficial mexicana para la elaboración de abonos orgánicos mediante el compostaje; en el Estado de México se cuenta con la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos, los cuales deben observarse.

4.2.1 Costo de disposición

Los residuos de manejo especial que se producen en la ZMCM en la agroindustria, comercio y servicios son dispuestos en rellenos sanitarios; en el caso de los residuos de manejo especial acuden al entierro o en vertederos controlados donde se tienen cuotas establecidas por tonelada, por ejemplo: Bordo Poniente \$155.00/ton; Tecamac \$120.00/ton; Tlalnepantla \$135.00/ton; Naucalpan \$135.00/ton; esto arroja una cuota promedio de \$136.25+iva/tonelada, de residuo que se confina en los rellenos sanitarios.

La fracción orgánica por sus efectos ambientales, por el volumen que ocupa en los vertederos y por su costo de disposición, puede dar lugar a la construcción de alianzas entre las empresas recolectoras de residuos de manejo especial y empresas sociales dedicadas al compostaje, así las primeras pueden garantizar su sobrevivencia y a las segundas les facilitan materia orgánica para el proceso de producción de mejoradores de suelos.

El proceso biológico que se propone para la transformación de los residuos orgánicos es el compostaje aeróbico, cuya descripción del proceso se presenta a continuación.

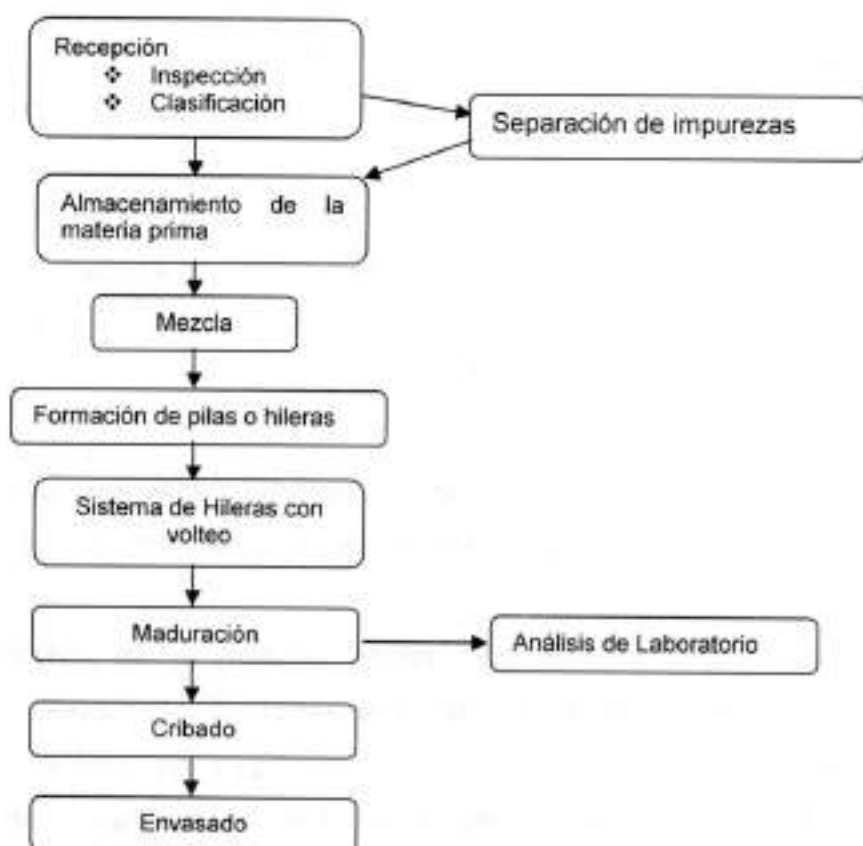


Figura 25. Flujo del proceso en el sistema de compostaje de hileras con volteo.

Fuente: Elaboración propia, 2009.

4.2.2 Descripción del proceso

Los residuos de manejo especial tienen un proceso de recolección selectivo por parte de las empresas particulares dedicadas a la recolección y transporte de residuos. El material que se recibe en la planta de compostaje procedente de la agroindustria debe contar con el código CRETIB, que se refiere a la corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, y características biológico-infecciosas; además debe contar con el dictamen de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT.

En la planta de compostaje, se reciben los residuos orgánicos: biosólidos, como desechos de lácteos; que se envían a las tinas de deshidratación; estiércol, residuos de maíz, cebolla, y otros que se colocan en patios de maniobra.

En general se reciben todo tipo de residuo orgánico, para ello debe conocerse su contenido de materia orgánica (%) y de Nitrógeno (%). Con esta información obtienen la relación carbono/nitrógeno y formulan los volúmenes a mezclar en el compostaje.

Separación de impurezas. Una vez acomodados los diferentes tipos de residuos, se realiza una eliminación manual de las impurezas: plásticos, vidrios, otros.

Almacenamiento de la materia prima. Los residuos, así como el estiércol se acomodan en secciones, de donde se toman conforme se ocupan. En el caso de los biosólidos de lácteos, pasan por una fase de deshidratación en las tinas, de donde se levantan con el cargador frontal de la retroexcavadora; mientras que los otros biosólidos de malta y de papa son mezclados con los materiales secos, con ello se evitan los riegos.

Mezcla y homogenización. Auxiliándose de una máquina retroexcavadora se mezclan los materiales orgánicos, sin impurezas. La mezcla se realiza en capas horizontales, para iniciar el proceso de compostaje. Los volúmenes a mezclar por la capacidad del cargador frontal y la mezcla obedece al principio de la relación carbono/nitrógeno.

Construcción de pilas. El sistema es un método de hileras con volteo, que son hileras largas de 30 a 50 m, estrechas de unos 3 a 4 metros de ancho y de 1.5 a 2.0 m de altura. Esto es una pila, que se refiere a la masa de residuos en compostaje.

Las pilas se construyen con capas horizontales de materiales, por ejemplo: estiércol, residuos de papa, residuos de maíz, residuos de malta, cebolla, biosólidos de

lácteos. El material fresco es transportado con el cargador frontal de la máquina retroexcavadora; las pilas se construyen al aire libre, de manera paralela una con otra; separadas por un espacio de unos 6 m, por donde transitan las unidades cargadas de residuos y sirve de patio de maniobra de las máquinas.

En una pila de compostaje se diferencian dos zonas, como se ilustra en la Figura 26.



Figura 26. Esquema de una pila de compostaje, el núcleo es una zona de alta temperatura, la corteza de baja temperatura.

En una pila de compostaje, considerando lo que sucede en el núcleo se diferencian 4 etapas:

- (a) **Fase de latencia.** Comprende desde la construcción de la pila de compostaje hasta que se registran incrementos en la temperatura, tomando como referencia la temperatura inicial; diariamente se registra la temperatura, esta etapa puede durar 15 días.

- (b) **Fase mesotérmica.** Se alcanzan alrededor de 45°C; aquí en el rango de 35° a 45°C la actividad bacteriana es alta; el proceso demanda oxígeno; aquí inicia el proceso de volteo; se requiere un buen balance de oxigenación y humedad. Esta etapa tiene una duración variable, desde 15 días, hasta dos meses.
- (c) **Fase termofílica.** Se alcanzan temperaturas de hasta 75°C, aquí participan microorganismos termofílicos; para acelerar esta fase los riegos se realizan con yogurth.
- (d) **Fase de maduración.** Una vez superada la fase termófila (45° a 75°C); desaparecen las bacterias termófilas conforme ocurre el descenso de temperatura ambiental, es cuando el material biológicamente es estable y el proceso de compostaje queda concluido; esta fase la dejan por un largo periodo hasta los meses previos al inicio de temporal, dado que el producto está orientado al mercado de cultivos anuales.

Sistema de hileras o pilas con volteo. El método es abierto, los materiales son composteados en pilas o hileras; el compostaje es en hileras con volteo; la aireación en la pila es por difusión y convección. El sistema es un método de hileras con volteo, que son hileras largas de 30 a 50 m, estrechas de unos 3 a 4 metros de largo; estas pilas son volteadas con máquinas retroexcavadoras. El volteo consiste en una agitación de los materiales, se realizan unos 8 a 10 volteos en un periodo mínimo de 3 meses.

Maduración. Una vez que la pila alcanza la temperatura ambiental, se realiza un muestreo a la composta y se envía al Laboratorio, con el fin de identificar los parámetros físico-químicos del producto en apego a la Norma Técnica Estatal Ambiental.

Cribado. Con fines de obtener una presentación para el mercado, se criba para obtener una granulometría uniforme, se utilizan mallas de 0.5 cm a 1.0 cm; así se

separan materiales indeseables como vidrio, plástico, vegetales, entre otros. El cribado es por gravedad, mediante arneros con 45° de pendiente.

Envasado. Se envasa el producto con 30% de humedad; en costales de rafia, costurados y etiquetados.

4.3 Localización óptima para plantas de compostaje

Para el caso del municipio de Texcoco, la concepción del desarrollo sustentable y la posibilidad de su implementación a nivel municipal representa una oportunidad para incorporar con un peso importante la cuestión ambiental y ecológica en la planificación territorial, admitiendo que cualquier esquema de planificación territorial depende de las limitaciones ecológicas y ambientales de tipo estructural, funcional y dinámica. Es así que desde la perspectiva ambiental, para el caso del municipio de Texcoco la evaluación ambiental estratégica, debe tener una visión integral del territorio propiciando criterios multidisciplinarios, donde el uso del suelo define la valoración estratégica ambiental.

Por ello se ha acudido a la percepción remota por satélite, que tiene su fundamento en la energía electromagnética que viaja en forma de ondas que pueden ser emitidas, reflejadas o dispersadas por los objetos que ilumina; así el análisis visual de los datos de la imagen de satélite se relacionó con datos cuantitativos para automatizar la identificación de las características de la escena, donde apoyados de información climática y datos que se tomaron en campo, por ejemplo: temperatura del agua, temperatura del suelo desnudo y temperatura del asfalto tomados entre las 12:00 y 13:00 de 15 puntos de medición distribuidos en los tres materiales, cuya distribución espacial se obtuvo de la imagen LandSat TM de marzo de 2000, con la cual se generó un mapa de la distribución de la temperatura superficial en el municipio de Texcoco.

La información térmica se analizó mediante el Sistema de Información Geográfica Arc View 3.2, que mediante las herramientas propias de la geoestadística que integra

el SIG se obtuvo la cartografía digital con una resolución espacial de 60 metros, con lo cual se construyó un mapa con tres categorías térmicas: (a) 12° a 40°C, que tiene como referencia la temperatura del Lago Nabor Carrillo y el Canal de desagüe del D. F., quienes funcionan como reguladores de la temperatura local; (b) 40 a 50°C, que se asocia a la temperatura del suelo de la zona cubierta con vegetación; y (c) la zona de 50 a 64°C que se relaciona con la temperatura de los suelos salinos carentes de vegetación, como es el caso del Caracol que se encuentra en el Ex – Lago de Texcoco.

La Figura 27 muestra el comportamiento de la temperatura superficial, encontrando que en el municipio de Texcoco, en el área de suelos salinos en dirección Norte – Sur en la porción Oeste, que es la que colinda con el Ex – Lago de Texcoco, la temperatura superficial alcanza de 50° a 64°C sumando 5261 hectáreas que se comportan como una isla de calor, debido a los suelos salinos y sin cubierta vegetal; esta zona se encuentra en las tierras ejidales de la porción plana colindante al Ex – Lago de Texcoco.

Las áreas identificadas con tono rojo, corresponden a zonas de alta temperatura, resultan promisorias para el establecimiento de un corredor agrobiológico, toda vez que constituyen el paisaje rural circundante a Texcoco y es un área periurbana, además de su proximidad al relleno sanitario Bordo Poniente, a su vez, la existencia de la infraestructura carretera, la configuración del relieve, la estructura rural y la necesidad de opciones productivas para estas zonas crean condiciones para dicho corredor.

En este corredor de 5261 hectáreas pueden establecerse plantas de compostaje, con ello en el mediano plazo se mejorarán las condiciones actuales de los suelos, esto atribuible a las bondades microbiológicas de los abonos orgánicos.

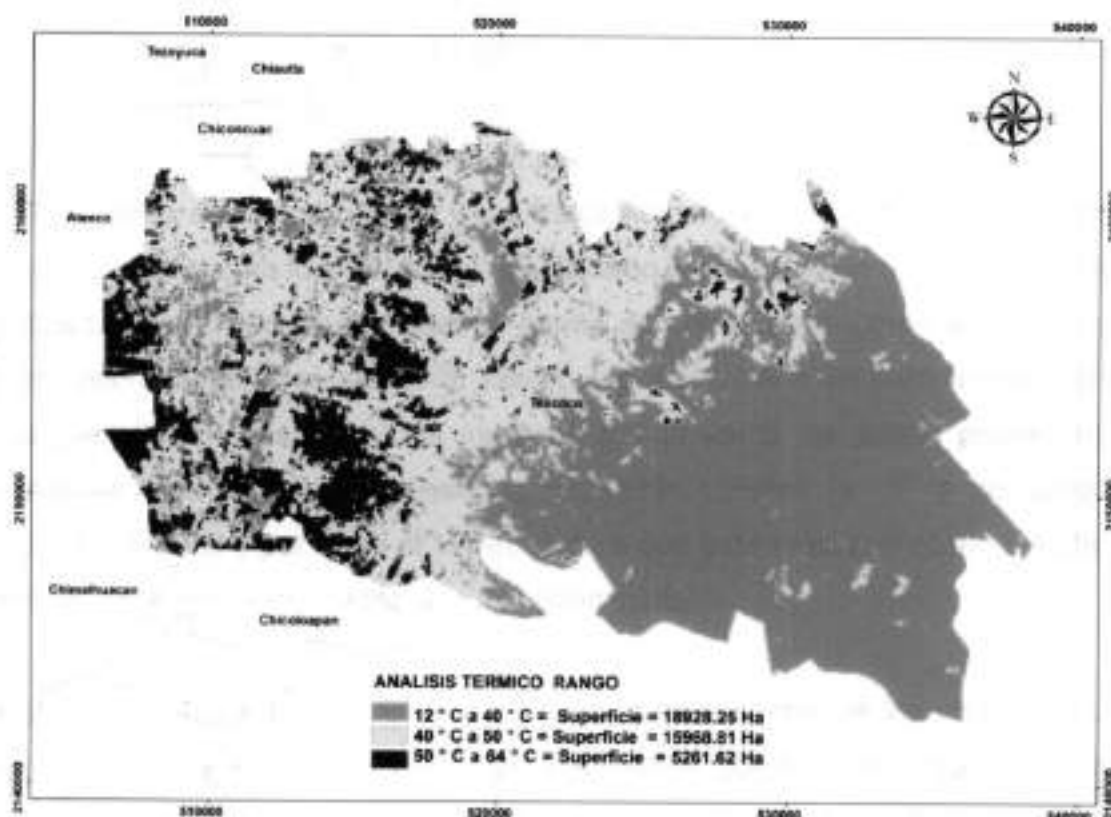


Figura 27. Unidades ambientales del municipio de Texcoco, construidas en base a la temperatura superficial del suelo.

Fuente: Elaboración propia, 2009.

Esta unidad ambiental que por su paisaje rural, la infraestructura carretera que la circunda, su proximidad al Bordo Poniente y la necesidad de impulsar opciones productivas para el sector rural, es una zona apta para establecer un corredor agrobiológico para la producción de abonos orgánicos en el municipio de Texcoco.

4.4 Evaluación financiera

La evaluación de un proyecto por el método financiero, es una herramienta para la toma de decisiones mediante un análisis de factibilidad para determinar si la inversión propuesta será rentable; para el caso que nos ocupa, el proyecto es el emplazamiento de una planta de compostaje de tamaño industrial, es decir, tendrá capacidad para procesar 20,000 toneladas/año de residuos orgánicos generados por

agroindustrias de la ZMCM, se propone una alianza entre empresas recolectoras de residuos y productores de abonos orgánicos.

Determinar la viabilidad financiera de la planta de compostaje requiere del cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y del Valor Actual Neto. Así la TIR será calculada una vez que se hayan identificado y cuantificado, por una parte todos los costos que significa una inversión al emplazar la planta de compostaje, como son la inversión fija, inversión diferida y el capital de trabajo; y por otra parte los beneficios durante un periodo de tiempo, es decir, los ingresos por la venta de abono procedente del compostaje. Estos costos y beneficios permitirán obtener la TIR a un periodo de tiempo de 10 años y por ende el VAN debido a que este valor monetario resulta de la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Programa de inversión. El valor del proyecto es la suma de los recursos con los cuales se cuenta, más las inversiones adicionales que se tienen que realizar. Las inversiones incluyen los recursos adicionales a utilizar para cubrir los conceptos necesarios para la operación del proyecto, éstas se clasifican en: Inversión Fija, Inversión Diferida y Capital de Trabajo

4.4.1 Coeficientes técnicos. Los coeficientes técnicos para establecer una planta de compostaje a partir de residuos orgánicos de manejo especial, son:

- ❖ Cuatro hectáreas acondicionadas y distribuidas por las siguientes instalaciones: caseta de vigilancia, almacén y oficinas, área de operación y maniobras (formación de pilas y aireación).
- ❖ Capacidad instalada: 20,000 toneladas anuales
- ❖ Periodo de operación: 315 días
- ❖ Costo de la tonelada de composta: \$1000.00
- ❖ Eficiencia productiva: 10,000 toneladas
- ❖ Tipo de envasamiento: costales de rafia de 50 kg, rotulados y etiquetados.
- ❖ Tipos de residuos: orgánicos

4.4.2 Inversión fija. Concebida esta como la infraestructura necesaria para el procesamiento de los residuos orgánicos, de tamaño industrial, se requiere de maquinaria especializada como bobcat, un torton de 6m³, dos camionetas, un arenero, tolva para el llenado de los costales de 50 kg, máquinas costuradoras de costales, una retroexcavadora, un generador de corriente, montacargas, así como los gastos necesarios para acondicionar el espacio territorial donde estará emplazada la planta de compostaje. El presupuesto de la inversión fija del proyecto se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Estructura del presupuesto de inversión fija de una planta de compostaje.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL INVERSIÓN (\$)
Renta de Terreno	Mes	12	4,000.00	48,000.00
Cercado de Terreno	m ²	4 ha		250,000.00
Acondicionamiento del terreno	m ²	4 ha		200,000.00
Rampa	m ²	1		50,000.00
Construcción de Bodega y Oficina	m ²	1	75,000.00	75,000.00
Baños	m ² y piezas	1		75,000.00
Caseta de control	m ²	1		30,000.00
Ampero	Pieza	1	45,000.00	45,000.00
Generador de corriente	Pieza	1	14,000.00	14,000.00
Máquinas costureras de costales	Pieza	2	4,500.00	9,000.00
Retroexcavadora	equipo	2	450,000.00	900,000.00
Camioneta	transporte	2	160,000.00	320,000.00
Volteo de 6m ³ (medio uso)	transporte	1	400,000.00	400,000.00
Bobcat	Pieza	1	250,000.00	250,000.00
Montacargas	Pieza	1	250,000.00	250,000.00
Tolva	Pieza	1	4,000.00	4,000.00
Letrero	Pieza	1	15,000.00	15,000.00
Herramienta (palas, veldos, carretillas)	piezas			20,000.00
Mantenimiento de camino (pago de motoconformadora)	hora	66	350.00	30,000.00
Mantenimiento de pasillos dentro de la planta (balastre)	m ²		500.00	100,000.00
Mobiliario y equipo de oficina	piezas			15,000.00
TOTAL (\$)				3,100,000.00

4.4.3 Capital de trabajo. Es la inversión adicional líquida que debe aportarse para que la empresa empiece a operar, es diferente a la inversión en activos fijos, debido a que hay que financiar la primera producción antes de recibir ingresos; por lo que se deberá pagar mano de obra así como diversos insumos que se requieren en el proceso de compostaje. Esto significa que se deben de contar con recursos líquidos para este concepto s de \$1,689,837.33, la necesidad de este rubro se ilustra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Estructura de la inversión líquida del capital de trabajo para el establecimiento y puesta en marcha de una planta de compostaje.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PERIODO	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL ANUAL (\$)
COSTOS VARIABLES					
Mano de obra	jornal	2	9 Meses	1,500.00	234,000.00
Operadores	jornal	2	9 Meses	2,000.00	312,000.00
Material de oficina	pieza		5 Meses	4,166.67	20,833.33
Gasolina (generador)	litros	20	9 Meses	7.80	36,972.00
Equipo auxiliar (ganchos, lentes, tapabocas, hilos, agujas)	pieza		9 Meses	4,166.67	37,500.00
Diesel	litros	80	9 Meses	7.80	147,888.00
Gasolina	litros	40	9 Meses	7.80	73,944.00
Desarrollo Tecnológico			9 Mes	2,500.00	22,500.00
Gastos de venta y promoción			5 Mes	20,833.33	104,166.67
Subtotal					989,804.00
COSTOS FIJOS					
Trápicos	millares	85		300.00	25,500.00
Etiquetas	millares	0		0.00	0.00
Costal nuevo	unidades	0		0.00	0.00
Mano de obra	jornal	1	39 semanas	1,500.00	58,500.00
Velador	jornal	1	39 semanas	1,500.00	58,500.00
Agrónomo	suelo	1	9 meses	20,000.00	180,000.00
Gestor	suelo	1	9 meses	15,000.00	135,000.00
Agua	pipas	1	39 semanas	961.54	37,500.00
Luz	mghz	2	4 bimestres	8,333.33	33,333.33
Teléfono	mensual	1	5 meses	1,000.00	5,000.00
Seguros de vida	mensual	6	9 meses	8,333.33	75,000.00
Renta de oficina	local	1	5 meses	3,000.00	15,000.00
Secretaria	suelo	1	21 Semanas	1,500.00	31,500.00
Promoción (paredes)	promocional	0	0	0.00	0.00
Mantenimiento de los promocionales	jornal	0	0	0.00	0.00
Contador	suelo	1	9 meses	5,000.00	45,000.00
SUBTOTAL COSTOS FIJOS					699,833.33
TOTAL (\$)					1,689,637.33

En el siguiente año, que es cuando la planta comienza con operaciones normales debido a que ya está establecida para operar, la inversión en el rubro de Capital de Trabajo es mayor, ello significa un incremento en la inversión debido a que ahora se debe promocionar de manera permanente el producto, entre otros, como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Estructura de la inversión de capital de trabajo.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PERIODO		COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL ANUAL (\$)
COSTOS VARIABLES						
Mano de obra	jornal	4	52	semanas	1,500.00	312,000.00
Operadores	jornal	4	52	semanas	2,000.00	416,000.00
Material de oficina	pieza					50,000.00
Gasolina (generador)	litros	20	315	días	7.80	49,140.00
Equipo auxiliar (ganchos, lentes, tapabocas, hilos, aguja)	pieza					50,000.00
Diesel	litros	80	315	días	7.80	196,560.00
Gasolina	litros	40	315	días	7.80	98,280.00
Desarrollo Tecnológico						30,000.00
Gastos de venta y promoción						250,000.00
Subtotal						1,451,980.00
COSTOS FIJOS						
Trápicos	mitares	200			300.00	60,000.00
Etiquetas	mitares	1.25			40,000.00	50,000.00
Costal nuevo	unidades	200,000			3.73	747,500.00
Mano de obra	jornal	1	52	semanas	1,500.00	78,000.00
Velador	jornal	1	52	semanas	1,500.00	78,000.00
Agrónomo	suelto	1	12	meses	20,000.00	240,000.00
Gestor	suelto	1	12	meses	15,000.00	180,000.00
Agua	pipas	1	52	semanas	961.53	50,000.00
Luz	mghz	6		bimestres	8,333.33	50,000.00
Teléfono	mensual					12,000.00
Seguros de vida	mensual					100,000.00
Renta de oficina	local	1	12	meses	3,000.00	36,000.00
Secretaria	suelto	1	52	semanas	1,500.00	78,000.00
Promoción	promocional	5	12	meses	500.00	30,000.00
Mantenimiento de los promocionales	jornal	5	12	meses	2,000.00	120,000.00
Contador	suelto	1	12	meses	5,000.00	60,000.00
SUBTOTAL COSTOS FIJOS						1,969,500.00
TOTAL (\$)						3,421,480.00

4.4.4 Inversión diferida. Se caracteriza por su inmaterialidad y son derechos adquiridos y servicios necesarios para la implementación del proyecto, no están sujetos a desgaste físico, dentro de este rubro al emplazar una planta de compostaje se requiere invertir en: notario, permisos, cooperaciones, toma de agua, toma de drenaje, registro del proyecto y corriente eléctrica; esta inversión se reporta en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Necesidades de inversión diferida.

CONCEPTO	TOTAL (\$)
Notario	7,500.00
Permiso R. E.	650.00
Cooperación	10,000.00
Toma de agua	15,000.00
Corriente eléctrica 220 voltios	75,000.00
Toma de drenaje	15,000.00
Permisos ambientales	75,000.00
Registro de marca	25,000.00
Elaboración del proyecto	250,000.00
TOTAL (\$)	473,150.00

4.4.5 Presupuesto de inversión

El establecimiento de una planta de compostaje de cuatro hectáreas, con una capacidad de procesamiento de 20,000 toneladas/año, requiere de una inversión total de \$5,262,787, el cual está integrado de la siguiente manera: (1) inversión fija \$3,100,000 que representa el 59%; (2) inversión diferida \$473,150 que equivale a 9% del total de la inversión; y (3) \$1,689,637 de capital de trabajo líquido equivalente a 32% de la inversión, como se reporta en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Presupuesto de inversión para una planta de compostaje con capacidad de 20,000 toneladas/año.

FIJA	Inversión Total (\$)
CONCEPTO	
Renta de Terreno	48,000.00
Cercado de Terreno	250,000.00
Acondicionamiento del terreno	200,000.00
Rampa	50,000.00
Construcción de Bodega y Oficina	75,000.00
Baños	75,000.00
caseta de control	30,000.00
Ampero	45,000.00
Generador de corriente	14,000.00
Maquinas costureras de costales	9,000.00
Retroexcavadora	900,000.00
Camioneta	320,000.00
Volteo de 6m3 (medio uso)	400,000.00
Bobcat	250,000.00
Montacargas	250,000.00
Tolva	4,000.00
Letrero	15,000.00
Herramienta (p alas, vieldos, carretillas)	20,000.00
Mantenimiento de camino (pago de motoconformadora)	30,000.00
mantenimiento de pasillos dentro de la planta (balastre)	100,000.00
Mobiliario y equipo de oficina	15,000.00
Total de inversión Fija	3,100,000.00
CAPITAL DE TRABAJO	
COSTOS VARIABLES	
Mano de obra	234,000.00
Operadores	312,000.00
Material de oficina	20,833.33
gasolina (generador)	36,972.00
Equipo auxiliar (ganchos, lentes, tapabocas, hilos, aguja)	37,500.00
Diesel	147,888.00
Gasolina	73,944.00
Desarrollo Tecnológico	22,500.00
Gastos de venta y promoción	104,166.67
COSTOS FIJOS	
Tripticos	25,500.00
Etiquetas	0.00
Costal nuevo	0.00

Mano de obra	58,500.00
Velador	58,500.00
Agrónomo	180,000.00
Gestor	135,000.00
Agua	37,500.00
Luz	33,333.33
Teléfono	5,000.00
Seguros de vida	75,000.00
Renta de oficina	15,000.00
Secretaría	31,500.00
Promoción (paredes)	0.00
Mantenimiento de los promocionales	0.00
Contador	45,000.00
Total de Capital de Trabajo	1,689,637.33
DIFERIDA	473,150.00
Notario	7,500.00
Permiso	650.00
Cooperación	10,000.00
Toma de Agua	15,000.00
Corriente eléctrica 220 voltios	75,000.00
Toma de drenaje	15,000.00
Permisos ambientales	75,000.00
Registro del proyecto	25,000.00
Elaboración del proyecto	250,000.00
Total de Inversión Diferida	473,150.00
TOTAL (\$)	5,262,787.33

4.4.6 Programa de inversión. Planear, organizar y delimitar las actividades realizadas permite por una parte llevar a cabo las tareas en el tiempo indicado así como una correcta y oportuna administración de los recursos y por otra determinar a partir de que periodo se iniciarán actividades de manera formal en la planta de compostaje y cuando se comenzarán a recibir ingresos por las ventas de composta. El programa de trabajo para la ejecución de la inversión total y del proceso productivo del año de instalación de la planta de compostaje se presenta en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Diagrama de Gantt para el establecimiento de la planta de compostaje.

FIJA													
CONCEPTO		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Renta de Terreno													
Cercado de Terreno													
Acondicionamiento del terreno													
Rampa													
Construcción de Bodega y Oficina													
Baños													
Caseta de control													
Arnero													
Generador de corriente													
Maquinas costuradoras de costales													
Retroexcavadora													
Camioneta													
Volteo de 6m3 (medio uso)													
Bobcat													
Montacargas													
Tolva													
Letrero													
Herramienta (palas, vieldos, carretillas)													
Mantenimiento de camino (pago de motoconformadora)													
Mantenimiento de pasillos dentro de la planta (balastre)													
Mobiliario y equipo de oficina													
CAPITAL DE TRABAJO													
COSTOS VARIABLES													
Mano de obra													
Operadores													
Material de oficina													
Gasolina (generador)													
Equipo auxiliar (ganchos, lentes, tapabocas, hilos, aguja)													
Diesel													
Gasolina													
Desarrollo Tecnológico													
Gastos de venta y promoción													
COSTOS FIJOS													
Tripticos													
Etiquetas													
Costal nuevo													
Mano de obra													

Cuadro 12. Proyección de ingresos y egresos a nivel mensual para el año de instalación y preparación de la planta de compostaje.

PROGRAMA DE VENTAS																
INGRESOS		PRECIO (\$)	MESES												TOTAL (\$)	
CONCEPTO	UNITARIO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
COMPOSTA (TON)	1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
TOTAL MENSUAL (\$)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
PROGRAMA DE COSTOS																
EGRESOS (\$)		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
COSTOS VARIABLES (\$)																
Mano de obra (\$)		0.00	0.00	0.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	234,000.00		
Operadores (\$)		0.00	0.00	0.00	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	312,000.00		
Materiales de oficina (\$)		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	20,833.33		
gasolina (generator) (\$)		0.00	0.00	0.00	4,108.00	4,108.00	4,108.00	4,108.00	4,108.00	4,108.00	4,108.00	4,108.00	4,108.00	36,972.00		
Equipo auxiliar (gancho, lentes, lapidoceros, hilo, aguja) (\$)		0.00	0.00	0.00	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	37,500.00		
Diesel (\$)		0.00	0.00	0.00	16,432.00	16,432.00	16,432.00	16,432.00	16,432.00	16,432.00	16,432.00	16,432.00	16,432.00	147,888.00		
Gasolina (\$)		0.00	0.00	0.00	8,216.00	8,216.00	8,216.00	8,216.00	8,216.00	8,216.00	8,216.00	8,216.00	8,216.00	73,944.00		
Desarrollo Tecnológico (\$)		0.00	0.00	0.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	22,500.00		
Gastos de venta y promoción (\$)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	104,166.66		
SUBTOTAL (\$)		0.00	0.00	0.00	96,089.33	96,089.33	96,089.33	96,089.33	121,089.33	121,089.33	121,089.33	121,089.33	121,089.33	989,804.00		
COSTOS FIJOS (\$)																
Trifásica (\$)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	25,500.00		
Etiquetas (\$)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Costal nuevo (\$)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Mano de obra (\$)		0.00	0.00	0.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	58,500.00		
Velador (\$)		0.00	0.00	0.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	58,500.00		
Agrónomo (\$)		0.00	0.00	0.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	180,000.00		
Gestor (\$)		0.00	0.00	0.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	135,000.00		

Agua (\$)	0.00	0.00	0.00	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	37,500.00
Luz (\$)	0.00	0.00	0.00		0.333.33		0.333.33		0.333.33	8,333.33	33,333.33
Teléfono (\$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	5,000.00	5,000.00
Seguros de Vida (\$)	0.00	0.00	0.00	8,333.33	8,333.33	8,333.33	8,333.33	8,333.33	8,333.33	8,333.33	75,000.00
Renta de oficina (\$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	15,000.00	15,000.00
Secretaría (\$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,300.00	6,300.00	6,300.00	6,300.00	31,500.00	31,500.00
Promoción (paredes) (\$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantenimiento de los promocionales (\$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Contador (\$)	0.00	0.00	0.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	45,000.00	45,000.00
SUBTOTAL COSTOS FIJOS (\$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUBTOTAL (\$)	0.00	0.00	0.00	65,500.00	73,833.33	65,500.00	84,133.33	75,800.00	84,133.33	84,133.33	699,833.33
TOTAL MENSUAL DE EGRESOS (\$)	0.00	0.00	0.00	161,589.33	169,822.67	161,589.33	205,222.67	196,889.33	205,222.67	205,222.67	1,689,637.33

Las necesidades de capital de trabajo para el año de operación y puesta en marcha de la planta de compostaje ascienden a \$1,687,637 destacando que en este año no se obtendrán ingresos por venta de abono orgánico debido al proceso de producción, el cual requiere de ocho meses.

Cuadro 13. Proyección de ingresos y egresos a nivel mensual.

		PROGRAMA DE VENTAS												
INGRESOS	PRECIO (\$)	MESES												
CONCEPTO	UNITARIO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL (\$)
COMPOSTA (TON)	1000.00	0.00	0.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,000,000.00
TOTAL MENSUAL (\$)		0.00	0.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,000,000.00
PROGRAMA DE COSTOS														
EGRESOS (\$)		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O <th>N</th> <th>D</th> <th></th>	N	D	
COSTOS VARIABLES (\$)														
Mano de obra (\$)		26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	312,000.00
Operadores (\$)		34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	34,666.67	416,000.00
Material de oficina (\$)		4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	50,000.00
Gasolina (generador) (\$)		4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	4,095.00	49,140.00
Equipo auxiliar (panteros, arena, tapacocas, talas, agua) (\$)		4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	50,000.00
Diesel (\$)		16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	16,380.00	196,560.00
Gasolina (\$)		8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	8,190.00	98,280.00
Desarrollo Tecnológico (\$)		2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	30,000.00
Gastos de venta y promoción (\$)		20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	20,833.33	250,000.00
SUBTOTAL (\$)		120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	120,968.33	1,451,988.00
COSTOS FIJOS (\$)														
Teléfonos (\$)		5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	60,000.00
Etiquetas (\$)		4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	4,166.67	50,000.00
Costal nuevo (\$)		186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	186,875.00	2,242,500.00
Mano de obra (\$)		6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	6,500.00	78,000.00
Velador (\$)		8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	8,500.00	102,000.00
Agrónomo (\$)		20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	240,000.00

Cuadro 15. Flujo de efectivo a nivel mensual del capital de trabajo para una planta de compostaje.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL (B)
INGRESOS (\$)	0.00	0.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	2,500,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,000,000.00
EGRESOS (\$)	218,965.00	413,873.33	405,540.00	413,873.33	405,540.00	226,988.33	218,965.00	226,988.33	218,965.00	226,988.33	218,965.00	226,988.33	3,421,480.00
SALDO (\$)	-218,965.00	-413,873.33	2,094,460.00	2,094,126.67	2,094,460.00	2,273,011.67	-218,965.00	-226,988.33	-218,965.00	-226,988.33	-218,965.00	-226,988.33	
SALDO ACUMULADO* (B)	-1,892,802.33	-2,206,675.67	-202,215.67	1,883,811.00	3,976,371.00	6,251,372.67	6,032,707.67	5,805,700.33	5,587,044.33	5,360,046.00	5,141,381.00	4,914,352.67	4,914,352.67

*Diciembre del primer año a inicio del siguiente año

Cuadro 16. Estado de resultado Pro-forma del Proyecto.

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por Ventas (\$)	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000	10,000,000
Egresos:										
Costos Variables (\$)	1,451,980	1,451,980	1,451,980	1,451,980	1,451,980	1,451,980	1,451,980	1,451,980	1,451,980	1,451,980
Costos Fijos (\$)	1,969,500	1,969,500	1,969,500	1,969,500	1,969,500	1,969,500	1,969,500	1,969,500	1,969,500	1,969,500
Total de Egresos (\$)	3,421,480	3,421,480	3,421,480	3,421,480	3,421,480	3,421,480	3,421,480	3,421,480	3,421,480	3,421,480
Saldo (\$)	6,578,520	6,578,520	6,578,520	6,578,520	6,578,520	6,578,520	6,578,520	6,578,520	6,578,520	6,578,520
Depreciaciones (\$)	537,757	217,757	217,757	217,757	217,757	217,757	217,757	217,757	217,757	217,757
Utilidad gravable (\$)	6,040,762	6,360,762	6,360,762	6,360,762	6,360,762	6,360,762	6,360,762	6,360,762	6,360,762	6,360,762
ISR del 28% (\$)	1,691,413	1,781,013	1,781,013	1,781,013	1,781,013	1,781,013	1,781,013	1,781,013	1,781,013	1,781,013
Utilidad Neta (\$)	4,349,349	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749

El estado de resultados pro-forma muestra la utilidad neta, después de impuestos, que para efectos de realizar la evaluación financiera del proyecto, éste es el flujo que nos revela la rentabilidad del proyecto.

4.4.8 Impacto neto del proyecto

Evaluación financiera. Una vez considerados todos los costos de desembolso para la instalación de la planta de compostaje y puesta de operación, así como los ingresos por venta, el valor de recuperación del capital de trabajo y valor de salvamento; como egresos, la inversión en activos fijos, diferidos, así como el incremental del capital del trabajo.

Se observa que con base a los indicadores financieros obtenidos, el proyecto para establecer una planta de compostaje de tipo industrial que propone el aprovechamiento de los residuos de manejo especial originados por la ZMCM financieramente representa una oportunidad de negocio, la evaluación a 10 años, arroja una TIR = 101%, un VAN = \$21,248,603, una Relación B/C = 2.69 y un Punto de Equilibrio de 2,304 toneladas, como se reporta en el Cuadro 17.

Ambientalmente es una alternativa de solución a los residuos orgánicos biodegradables, los cuales alcanzan 52% del total, se garantiza mayor vida a los rellenos sanitarios; se oferta una alternativa al cierre del relleno sanitario Bordo Poniente; además se ofrece una alternativa productiva a las tierras salinas que limitan con la zona federal del ex – Lago de Texcoco.

Cuadro 17. Evaluación financiera a 10 años, de una planta de compostaje de tipo industrial.

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilidad Neta SIN (\$)		4,348,349	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749
Otros beneficios (\$)											
Incremento del capital de trabajo (\$)		-1,689,637									
Recuperación del capital de trabajo (\$)											
Inversión en activos fijos y diferidos (\$)	3,573,150										
Recuperación del valor residual (\$)											
Flujo de efectivo del proyecto (\$)	-3,573,150	2,658,711	4,578,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	4,579,749	6,627,961
TIR	101%										
VAN	\$21,248,603										
R B/C	2.69										
P. de Equilibrio (ton)	2,304										
											1,589,637
											358,575

4.5 Análisis de mercado

Esta parte del estudio pretende identificar la demanda de abono orgánico y valorar la posibilidad de la comercialización del producto.

4.5.1 Descripción del producto

El abono orgánico es un material de color oscuro, con olor a tierra de bosque, limpio, suave al tacto y bio-estable, esto es, no ocurre fermentación, ni putrefacción. Debido a su alto contenido enzimático, constituye un material rico en nutrientes, haciendo que las raíces asimilen más rápido los nutrientes; forma un sustrato de alta retención de humedad debido a su excelente granulometría, alta porosidad y disponibilidad para el aprovechamiento radicular de las plantas.

El abono orgánico puede ser utilizado como base para sustratos, para ello hay que realizar mezclas con otros materiales, este producto puede ser empleado en la germinación de semillas y/o para el trasplante de plantas en viveros, o bien como sustrato para plantas en macetas (ornamentales) y de uso múltiple en la floricultura, entre otros. La industria de los sustratos en México es incipiente y en ella destaca la fibra de coco.

México importa sustratos como agrolita, vermiculita, perlita expandida, arcilla expandida, lana de roca ("rockwool"), entre otros. Esta situación despierta el interés por el uso de materiales composteados como base para la producción de sustratos.

En los procesos de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, se utiliza la composta, donde se aprovecha la capacidad metabólica de microorganismos que se encargan de transformar los contaminantes en compuestos químicamente diferentes. En la biorremediación se acude a la bioestimulación, que consiste en la adición de composta para suministrar nutrientes para la actividad metabólica de la flora nativa; además se implementa el bioincremento, que es adicionar microorganismos exógenos, particularmente bacterias heterotróficas que derivan su carbono y energía de compuestos orgánicos. La composta aquí desempeña un rol importante en esta tecnología de bajo costo y limpia.

4.5.2 Producción agrícola nacional

Producción agrícola actual. En el país se cultivan 21.64 millones de hectáreas, que representa el 11% de la superficie nacional; el 25% es de riego y el 75% restante es de temporal.

Cultivos anuales. 15,756,000 hectáreas se cultivan con productos anuales y 5,884,000 con perennes. La agricultura mexicana de cultivos anuales está representada por trece cultivos: (1) maíz con 50.64% de la superficie cultivada; (2) sorgo de grano con 12.06%; (3) frijol con 11.08%; (4) trigo con 4.1%; (5) cebada con 2.08%, estos cinco cultivos ocupan el 80% de la superficie de anuales; (6) ajonjolí, (7) cártamo, (8) arroz palay, (9) fresa, (10) soya, (11) chile verde, (12) jitomate y (13) papa suman 4%; los otros cultivos anuales que se encuentran en la geografía mexicana ocupan el restante 16%. (INEGI, 2007). Esta superficie de anuales requiere la práctica de la fertilización, es un mercado potencial.

Perennes. De la superficie cultivada con perennes el café ocupa 13.6%, naranja 5.7%, mango 2.95%, limón 2.4%, aguacate 1.9%, plátano 1.4%, manzana 1%, durazno 0.75%, uva con 0.5%; estas especies constituyen lo fuerte de las plantaciones frutícolas y representan el 30.2% de la superficie plantada. Los restantes cultivos perennes se encuentran dispersos, con poca superficie y en el mejor de los casos en los huertos familiares (INEGI, 2007). Alrededor de 6 millones de cultivos perennes demandan nutrientes, lo que representa un mercado.

Para el caso del maíz, el mercado quedó liberado al 100% a partir del 2007, en el periodo 1995 a 2007 la producción nacional de este grano en la dieta de los mexicanos se incrementó 29.7%, mientras que la importación creció 185%; el frijol, para el periodo de referencia la producción nacional se incrementó 8.9%, mientras la importación aumentó en 283%, la superficie sembrada se redujo 28% y la cosechada en 38%; el caso del arroz es sintomático: de 1995 a 2007 la producción nacional se redujo 2.5% mientras las importaciones crecieron 120%, así la superficie sembrada cayó 22% y la cosechada 10.2% por lo que en 2007 el consumo aparente en el

periodo se cubrió con importaciones; el trigo no se queda atrás, debido a que la producción nacional se incrementó 1.3%, pero la importación creció 217%, la superficie sembrada se redujo 27% y la cosechada 33%, aunque el rendimiento por hectárea aumentó 50%, en 2007 el 56% del consumo nacional de este grano se cubrió con importaciones que en 1995 representaron el 29%.

El mundo está cambiando, el poder está asociado a la capacidad del capital para participar eficientemente en el mercado, donde los negocios prósperos tienen la dimensión ambiental como columna vertebral. Entonces México, con su diversidad ecológica: trópico seco, trópico húmedo, zona templada y zonas áridas y semiáridas, debe incursionar en la diversificación agrícola, con tecnologías ambientalmente limpias, produciendo y protegiendo suelos, agua, aire y biodiversidad, bajo el paradigma de la sustentabilidad; es ahí donde productos como el abono orgánico tienen cabida.

4.5.3 Mercado

4.5.3.1 Necesidades de nutrientes. Los productos orgánicos conquistan cada vez más rápido las estructuras de mercado de alimentos a escala mundial, para el 2008 la producción orgánica representó un total de 30.4 millones de hectáreas. Australia ocupa el liderazgo con 12.4 millones de ha, Europa con 7.4 millones/ha y en tercera posición América con 4.9 millones de ha.

Este dinámico y atractivo mercado está estimulando fuertemente la reconversión de la agricultura convencional a la orgánica. En el mundo se registran alrededor de 63.4 millones de hectáreas orgánicas, de las cuales 30.4 corresponden a cultivos y 33 millones a recolección silvestre.

Entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar Australia, con 12.4 millones de hectáreas, seguido por China con 2.3 millones/ha; Argentina con 2.2 millones/ha; Estados Unidos con 1.6 millones/ha; Italia con 1.1 millones/ha; Uruguay, España y Brasil con 0.9 millones/ha; Alemania con 0.8

millones/ha y Reino Unido con 0.6 millones/ha; México ocupa el lugar 13 en el mundo con 400 mil hectáreas.

Por otra parte, el mercado estadounidense registró el primer lugar en ventas de éstos con un valor de 17 mil millones de dólares en 2008; el mercado alemán ocupa el segundo lugar con 7.1 mil millones de dólares, y el mercado británico el tercer lugar con 4.3 mil millones de dólares.

En México, la agricultura orgánica está en franca expansión, la superficie pasó de 103 mil a 400 mil hectáreas en los últimos 10 años y los productos orgánicos mexicanos gozan de excelente aceptación en los mercados internacionales, su venta genera ingresos mensuales por 64 millones dólares.

Los principales estados con producción orgánica son Chiapas, Oaxaca, Chihuahua, Sinaloa, Colima, Baja California Sur, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Veracruz y Sonora. Para México, se identifican 400 mil hectáreas con agricultura orgánica certificada, donde la fertilidad de los suelos se atiende con abonos orgánicos.

Visto así el abono orgánico es una fuente de abonadura de la agricultura orgánica, que se estima relativamente nuevo en México y con un mercado de consumo no convencional, dado los beneficios que se derivan de este producto se considera como principal mercado de consumidores de este producto y las posibles necesidades del mismo en cada uno de ellos, a saber:

Agricultura (Terrenos de cultivo)

Campos de Golf

Rehabilitación de suelos

Hoteles

Viveros e invernaderos

Jardinería

El consumo de fertilizantes químicos en estos momentos, resulta un tanto inaccesible para el productor nacional promedio, debido a su elevado costo y a los escasos subsidios que otorga el gobierno para su adquisición, ya que cuando la industria mexicana de fertilizantes pasó a manos del Estado a través de Fertimex hacia fines de los sesentas el objetivo era impulsar la producción, comercialización, distribución y abastecimiento a los productores agrícolas estableciendo una política de precios únicos a nivel nacional, así como el uso de estos; sin embargo con la privatización de Fertimex la forma de operación y comercialización queda en un mercado libre, esto generó que la industria de fertilizantes se orientara a la producción de los nitrogenados como la urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio y dentro de los fosfatados el superfosfato de calcio simple, superfosfato de calcio triple y fosfato diamónico.

Posteriormente el consumo de fertilizantes a nivel mundial fue hacia fertilizantes concentrados y de alta solubilidad, que eran insumos que demandaba la agricultura intensiva, la cual comenzó a desarrollarse sobre nuevos sustratos y propiedades hidrofísicas; esta situación marcó el rumbo de la fertirrigación, donde se pretende sincronizar el suministro diario del cultivo con aporte de nutrientes. Así surge una nueva generación de fertilizantes de liberación lenta; otros de alta solubilidad, mezclas complejas, micronutrientes, sustancias húmicas y bionutrientes (aminoácidos), promotores de crecimiento. Así en la agricultura de riego comienza a hacerse uso de tecnologías asociadas a la fertirrigación como es el caso de Culiacán en Sinaloa, ello llevó a la importación de tecnología de riego, así como a la importación de los fertilizantes de nueva generación.

Aunque la producción nacional de fertilizantes se incrementó en un 85% de 1980 a 2000, siendo la urea la de mayor producción. Con el cierre parcial de las plantas productoras de urea y nitrato de amonio en 1997, la producción de éstos disminuyó en 46% en el año 2000, con respecto a 1995; y con el cierre definitivo de la planta Fertinal en el año 2000 la producción de los fertilizantes fosfatados se redujo en 52% este mismo año.

La Figura 28 ilustra el comportamiento de la producción de fertilizantes nitrogenados respecto a la capacidad de la infraestructura instalada en el periodo 1990-2000, se rescata que la producción estaba por debajo de la capacidad instalada, así para 2000 se produjeron 2,400 mil toneladas y la capacidad de producción fue de 6,066 mil toneladas. Sin embargo el mercado ya demandaba fertilizantes con otras características, por lo que las importaciones prevalecieron.

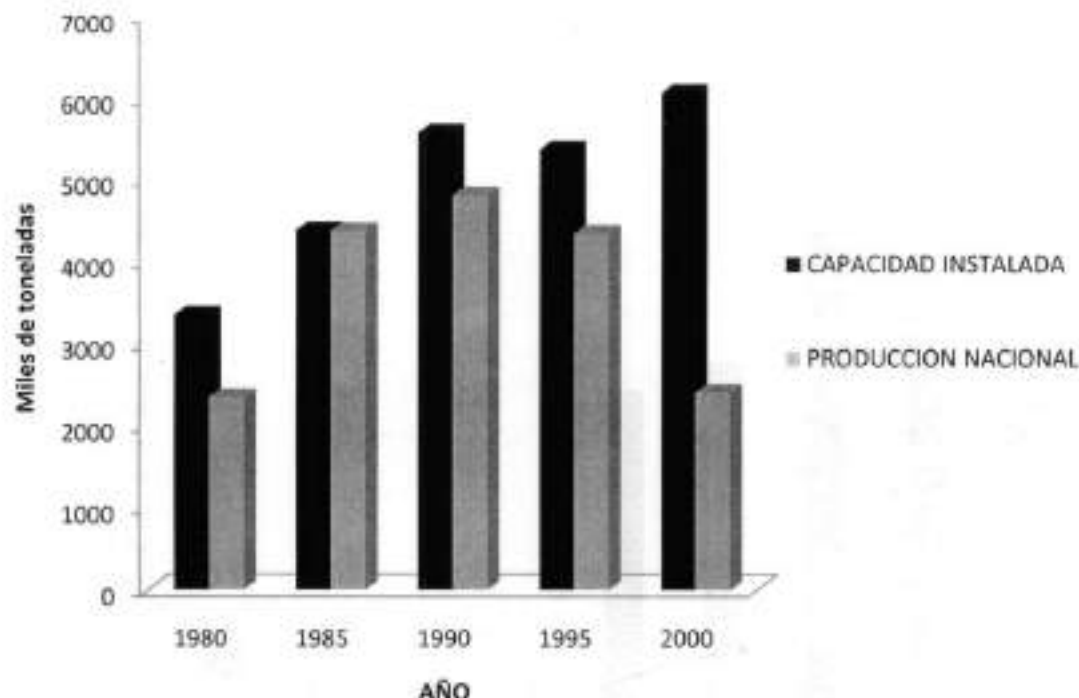


Figura 28. Producción de fertilizantes nitrogenados en México en el periodo 1990 - 2000.

Fuente: Elaboración propia a partir SEMARNAT, SE y Fertimex, 2002.

Ello significa que de algún modo esta forma de nutrición vegetal no se encuentra en manos de todos los productores, estas cifras indican que desde hace años se avecinaba un déficit en la producción de fertilizantes químicos y aunado a que el principal yacimiento de petróleo en México, Cantarell, se agota a ritmo acelerado hoy se abre la oportunidad valiosa para incorporar el abonado orgánico como práctica para el mejoramiento del suelo y la producción. Los fertilizantes nitrogenados que se producían en México se identifican en seis conceptos

comerciales: (1) fertilizantes complejos (NPK); (2) fertilizantes foliares; (3) fosfatos cálcicos; (4) nitrato de amonio; (5) sulfato de amonio; y (6) urea.

Es evidente que actualmente la producción de fertilizantes de síntesis química se concentra en superfosfato simple y triple y sulfato de amonio que suman 65% de la producción nacional, pero aún esta producción es insuficiente, y oferta productos poco solubles, de ahí que se tiene que acudir a la importación de fertilizantes. La Figura 29 ilustra el comportamiento de las importaciones en miles de toneladas, durante el período 1990-2005.

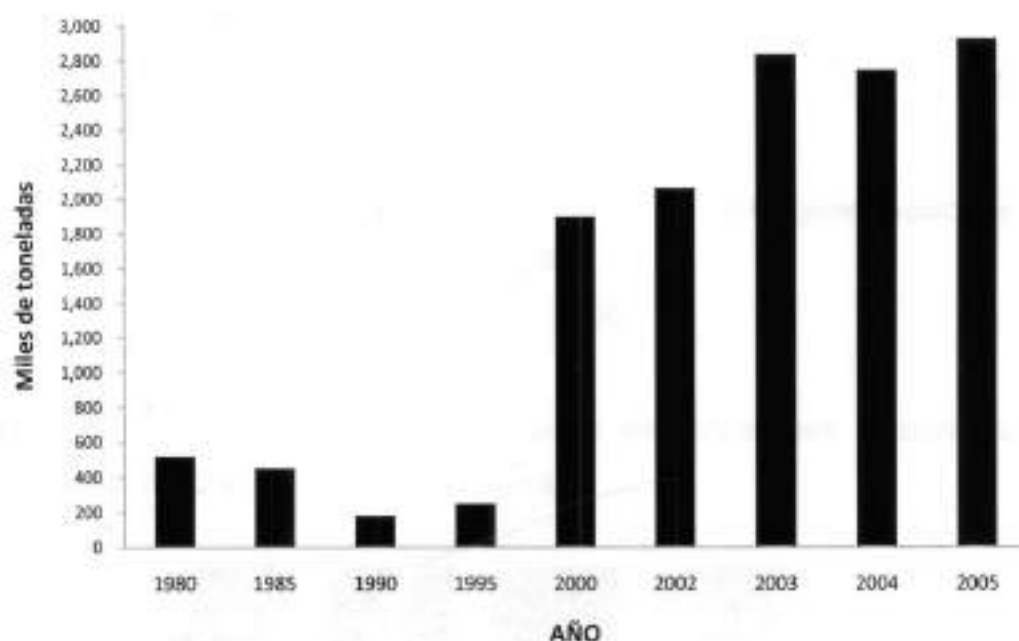


Figura 29. Comportamiento de las importaciones mexicanas en miles de toneladas métricas.

Fuente: Elaboración propia a partir de ANACOFER 2006, SEMARNAT, SE y Fertimex, 2002.

En el escenario descrito, no se debe omitir que los fertilizantes químicos, no aportan la materia orgánica que requieren los suelos del país, material básico para mantener y conservar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

4.5.3.1.1 Nitrógeno. Las aplicaciones nitrogenadas son: sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio, amoniaco, fosfatos de amonio y mezclas NPK, las cuales han sido crecientes en el periodo 1973-2005, como ilustra la Figura 30.

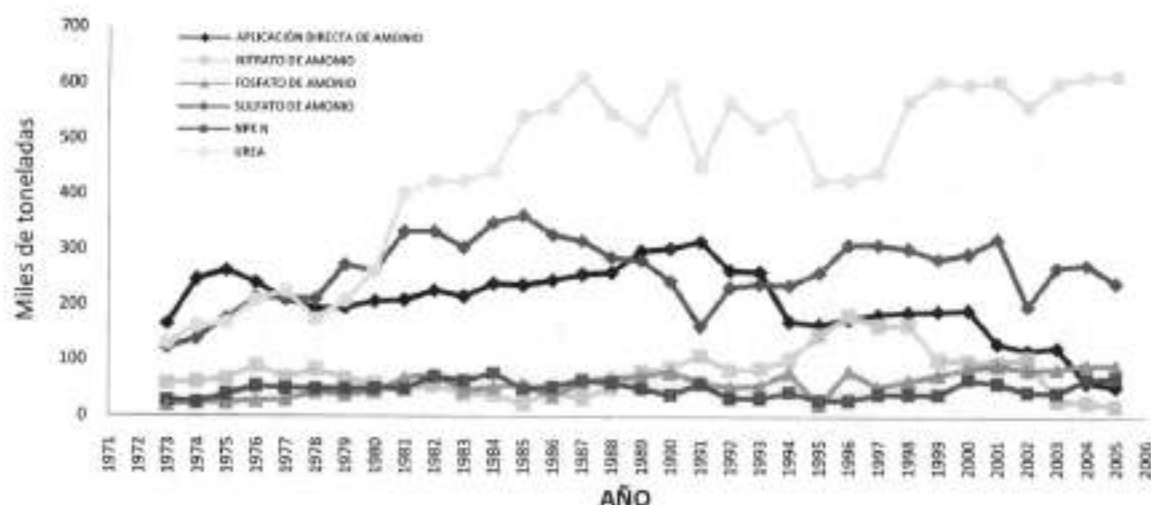


Figura 30. Comportamiento de los volúmenes de Nitrógeno aplicado en la agricultura mexicana en el periodo 1973-2006.

Fuente: Elaboración propia con datos de IFA, 2009.

Las importaciones de fertilizantes nitrogenados son crecientes a partir de 2001, siendo próximos al 80% del volumen consumido.

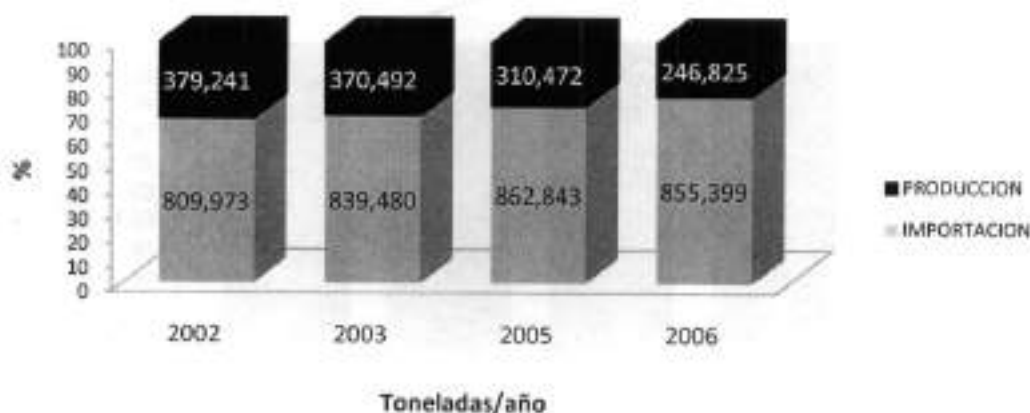


Figura 31. Comportamiento de las importaciones mexicanas de los fertilizantes nitrogenados.

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2009.

4.5.3.1.2 Fósforo

Las aplicaciones de fosforados son: superfosfato simple, superfosfato triple, fosfato de amonio y mezclas físicas. El uso de los fertilizantes químicos fosforados en el periodo 1973-2006, indican una tendencia creciente.

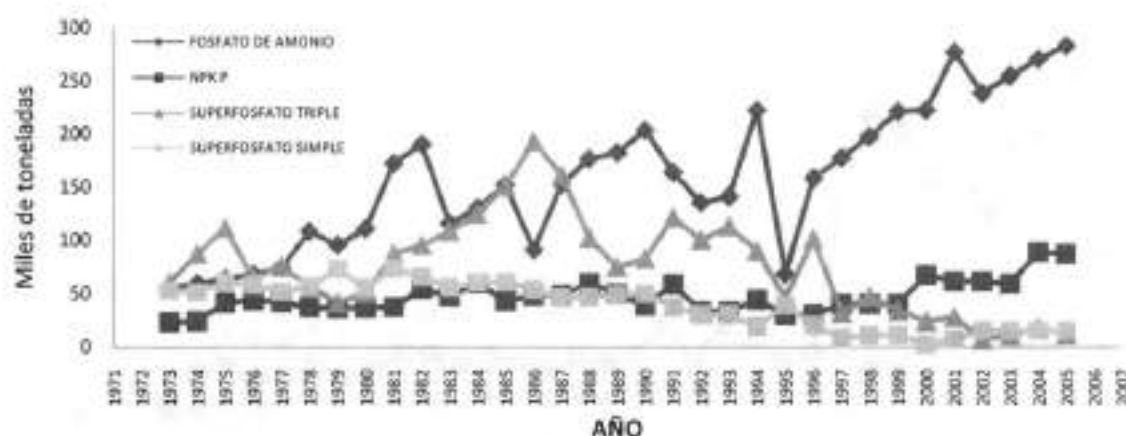


Figura 32. Comportamiento de los volúmenes de fósforo aplicado en la agricultura mexicana en el periodo 1973-2006.

Fuente: Elaboración propia con datos de International IFA, 2009.

Las importaciones del fósforo, predominantemente son como fosfatos amónicos, los volúmenes de importación corresponden al 80%.

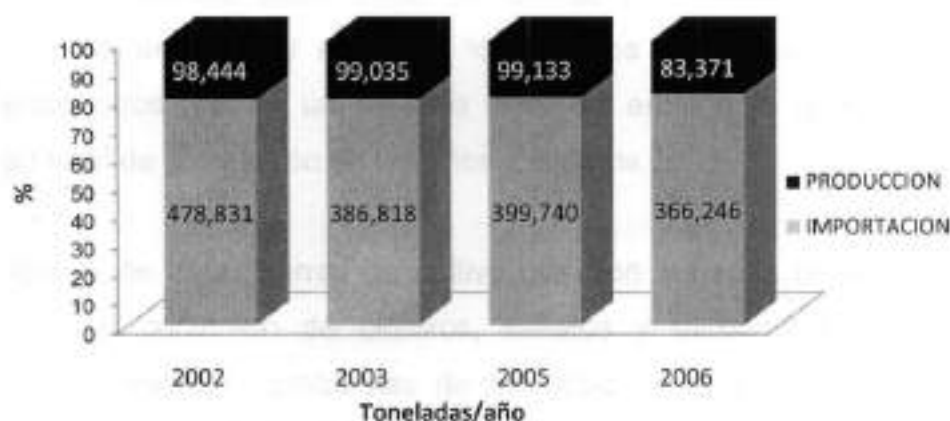


Figura 33. Comportamiento de las importaciones mexicanas de los fertilizantes fosforados.

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2009.

4.5.3.1.3 Potasio

Las aplicaciones potásicas son de cloruro de potasio, sulfato de potasio y mezclas NPK; el cloruro de potasio es el fertilizante que en los últimos años ha tenido un uso creciente; el 100% del volumen es de importación.

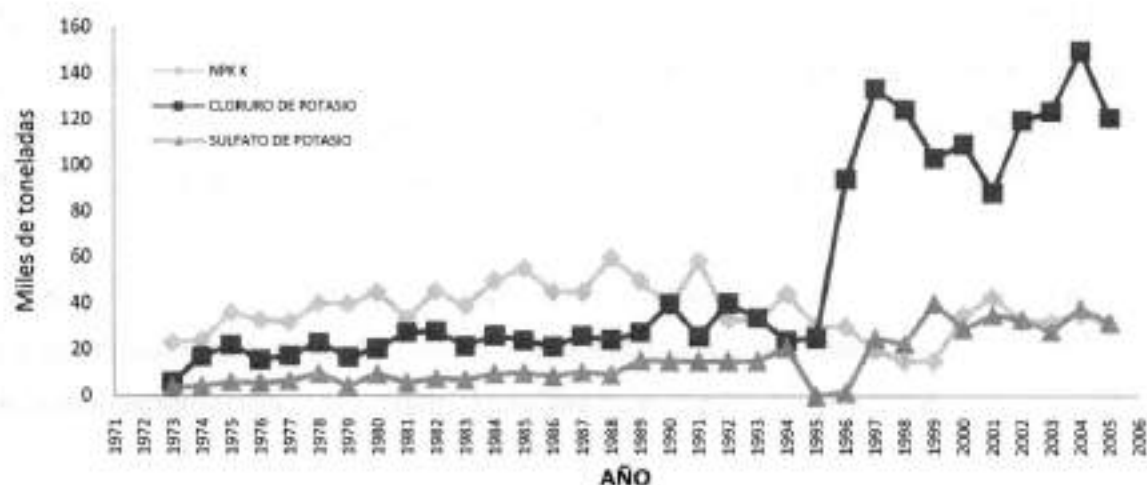


Figura 34. Comportamiento del potasio aplicado en la agricultura mexicana en el periodo 1973-2006.

Fuente: Elaboración propia con datos de IFA, 2009.

4.5.3.2 Rehabilitación de suelos

Del total del área cultivada actualmente, un 30% se encuentra seriamente afectada por problemas de erosión. Al respecto, los estados de Tamaulipas, Zacatecas, Coahuila, entre otros, tienen un elevado nivel de erosión lo que seguramente, disminuirá su nivel de producción en los años venideros.

Además, algunas de estas tierras de cultivo que son irrigadas presentan severos problemas con el contenido de cloruros, sulfatos y carbonatos, que en altas concentraciones provocan problemas de salinidad en el suelo. Se calcula que alrededor de 500, 000 ha de tierras agrícolas presentan problemas de salinidad severos, se localizan al Noroeste de la República, principalmente en los estados de Baja California Norte (140,00 ha), Sinaloa (125,000 ha) y Sonora (33,100 ha),

también contribuyen los estados de: Tamaulipas (47,700 ha) Durango (24,800 ha), Michoacán (16,300 ha) y Oaxaca (16,000 ha).

En las áreas degradadas la incorporación de abono orgánico puede ser un medio que permita recuperar los niveles de materia orgánica en el suelo, así como sus propiedades físicas, químicas y biológicas de las tierras agrícolas; la comercialización podría buscarse vía programas gubernamentales como Programa Concurrente para el Campo, Programa de Conservación de Suelos de la SEMARNAT, Fundaciones interesadas en la conservación del medio ambiente.

A pesar de que en México no se dispone de un inventario de sitios contaminados con hidrocarburos y que sirva de base para la estimación del mercado real en el ámbito de la biorremediación, este existe, toda vez que el país es petrolero.

4.5.3.3 Campos de golf

En México, el Golf es un deporte que a nivel nacional cada vez adquiere mayor importancia, su desarrollo se ha visto estimulado por clubs privados y por la industria del turismo. Actualmente la Asociación Mexicana de Clubs de Golf está constituida por 132 miembros; estos clubs se localizan principalmente en la Costa del Pacífico, el Caribe y en ciudades como: México D.F., Monterrey, Guadalajara y en algunos otros estados del interior de la República.

Generalmente en estos clubs se celebran alrededor de 18 eventos deportivos por año, en promedio, pero en algunos casos se realizan mas eventos. La continua actividad en estos clubs, es motivo de una creciente demanda de abonos orgánicos a fin de mantener el césped en óptimas condiciones. Dada la ubicación de la empresa, el mercado estaría enfocado a los clubs de golf que se localicen en los Estados del centro del país, como los del D.F., y Querétaro, entre otros.

4.5.3.4 Hoteles

En los hoteles de lujo, el cuidado de los jardines y en general el de las áreas verdes, reviste importancia, con ello se busca resaltar la belleza del lugar y ofrecer más confort al cliente. En este caso se puede ofrecer la composta, como un producto que permite mantener en buen estado la fertilidad y las propiedades del suelo, con ello el buen estado de los jardines, es de fácil aplicación, es inocuo y no produce olores desagradables.

4.5.3.5 Arquitectura del paisaje

El objetivo de un jardín es la creación de belleza, de vida y color, el jardín se asocia a lo íntimo, donde un usuario o una familia lo atienden. Esta actividad demanda abonos y sustratos en empaque de medianos a pequeños.

4.5.3.6 Canales de comercialización

El mercado de consumo presenta la opción de distribuirla y comercializarla en presentaciones pequeñas, vía centros Comerciales. El mercado de los abonos orgánicos no es un mercado convencional, pero sí constituye un vasto espacio que todavía no ha sido explorado en su totalidad y cuyas rutas de comercialización aún no están claramente definidas.

La mayoría de los productores mexicanos vende a pie de planta de compostaje y tiene un mercado definido. De los productos importados se encuentran sustancias húmicas, en presentación líquida, debidamente etiquetada y con canales de distribución mediante las tiendas de agroquímicos.

En base al estudio realizado sobre los posibles centros de consumo, se deduce que existe un amplio mercado para la venta de abono orgánico, sin embargo, habrá que abrir espacios, para ello tal vez se requiera definir una estrategia de mercadotecnia que favorezca la venta de este producto, aunque los requerimientos que se estiman del producto no pueden ser cubiertos por ninguna empresa que se dedique a esta actividad.

Puede señalarse que la competencia por parte de las empresas productoras de este mismo artículo es prácticamente nula, ninguna cuenta con la capacidad suficiente para abastecer las necesidades totales del mercado, en conclusión hasta la fecha no existe empresa alguna capaz de acaparar el mercado. En caso de que la venta del abono que se produzca, siempre existirá la posibilidad de distribuirla en cualquiera de los posibles centros de consumo antes citados, teniendo la venta a pie de granja.

El abono orgánico puede ser comercializado bajo dos presentaciones (a) a granel; (b) en empaque. Los canales de comercialización promisorios, son:

Programas federales: Programa Concurrente para el Campo, SEMARNAT, Gobierno Federal, Gobiernos Estatales.

Campos de Golf y viveros.

Tiendas de autoservicio.

Distribuidoras de Productos Agropecuarios.

Empresas dedicadas a la arquitectura del paisaje.

Empresas dedicadas a la biorremediación.

4.5.3.7 Comportamiento del productor

En el mercado nacional se identifican varios tipos de compradores, a saber:

(a) Amas de casas. Son compradores que buscan lo que se conoce como tierra para macetas, es decir un sustrato; requieren presentaciones pequeñas de 3 a 5 kg, que es el volumen que demanda una maceta.

(b) Empresas de jardinería. Son compradores que requieren sustratos y abonos, por el volumen que manejan la presentación más funcional es de 40 a 50 kg, en sacos de rafia.

(c) Distribuidores de insumos. Requieren sustratos, abonos y sustancias húmicas, en diferentes presentaciones.

(d) Consumidores directos. Aquí se identifican a los productores orgánicos, productores bajo condiciones de invernaderos y aquellos que utilizan sistemas de fertirrigación; generalmente ocupan presentaciones de 50 kg.

- (e) **Empresas dedicadas a la biorremediación.** Requieren el producto en condiciones de granel.

4.5.3.8 Análisis de la competencia

No se ha logrado identificar una empresa o firma comercial que controle el mercado nacional; tampoco se ha identificado una firma comercial que distribuya la composta en el total del mercado nacional, como es el caso de los fertilizantes químicos.

En el país se identifican 63 plantas de compostaje, la mayoría son gubernamentales, otras institucionales y empresas sociales como se reporta en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Plantas de compostaje identificadas.

LISTADO DE PLANTAS DE COMPOSTAJE IDENTIFICADAS		
NOMBRE	ENTIDAD FEDERATIVA	SITUACION ACTUAL
BORDO PONIENTE	DF	ACTIVA
DELEGACION ALVARO OBREGÓN	DF	ACTIVA
DELEG MIGUEL HIDALGO	DF	CERRADA
DELEG MILPA ALTA (5 PLANTAS)	DF	ACTIVA
DELEG XOCHIMILCO	DF	ACTIVA
CENTRO DE EDUC. AMBIENTAL ECOGUARDAS	DF	ACTIVA
CENTRO DE EDUC. AMBIENTAL DE XOCHIMILCO	DF	ACTIVA
UNIDAD HABITACIONAL INDEPENDENCIA DELEG MAGDALENA CONTRERAS	DF	ACTIVA
SAN JUAN DE ARAGÓN	DF	CERRADA
PILOTO DE LA UAM IZTAPALAPA	DF	ACTIVA
DE LA UNAM	DF	ACTIVA
DEL IPN	DF	ACTIVA
DEL ITESM	DF	ACTIVA
DE RESIDUOS DE PESCADOS	DF	ACTIVA
DE CUATITLAN IZCALLI	México	ACTIVA
CENTRO DE EDUC. AMBIENTAL YAUCLIKA	México	ACTIVA
CUAUTLITAN	México	ACTIVA
ATIZAPAN DE ZARAGOZA	México	ACTIVA
CAPULHUAC	México	ACTIVA
TEXCALYAC	México	ACTIVA
SAN LORENZO HUEHUETITLAN TIANGUISTENCO	México	ACTIVA
XALATLACO	México	ACTIVA
AMECAMECA	México	ACTIVA
NEZAHUALCÓYOTL	México	ACTIVA

TLALMANALCO	México	CERRADA
TULTEPEC	México	CERRADA
HUEYPOXTLA	México	N/D
TEPETLIXPA	México	ACTIVA
TULTITLÁN	México	REACTIVANDO
COCOTITLÁN	México	REACTIVANDO
APAXCO	México	CERRADA
HUIXQUILUCAN	México	N/D
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA FIDEL VELAZQUEZ	México	ACTIVA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO	México	ACTIVA
TÓLUCA	México	ACTIVA
VALLE DE BRAVO	México	CONSTRUCCION
MONTERREY	NUEVO LEÓN	CERRADA
AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	ACTIVA
ACAPULCO	GUERRERO	NUNCA OPERÓ
TONALÁ	JALISCO	CERRADA
ZAPOCAN	JALISCO	CERRADA
QUERETARO	QUERETARO	ACTIVA
MORELIA	MICHOACÁN	CERRADA
SETZAR	MORELOS	ACTIVA
TEPOZTECO	MORELOS	CERRADA
JUTEPEC	MORELOS	ACTIVA
TEHUXTLA	MORELOS	CERRADA
TIPMOR	MORELOS	ACTIVA
CUERNAVACA	MORELOS	ACTIVA
RANCHO LOS MOLINOS	MORELOS	ACTIVA
PROGRAMA INTEGRAL TEOCELO	VERACRUZ	ACTIVA
JALAPA	VERACRUZ	ACTIVA
MÉRIDA	YUCATÁN	ACTIVA
OAXACA	OAXACA	CERRADA
VILLAHERMOSA	TABASCO	NUNCA OPERÓ
COOPERATIVA ORGÁNICA DEL CENTRO ECOL. AKUMAL	QUINTANA ROO	ACTIVA
XCARET	QUINTANA ROO	N/D
INGENIO PLAN DE AYALA	SAN LUIS POTOSÍ	ACTIVA
ABONOS Y SUSTRATOS ORGÁNICOS DE MÉXICO	MÉXICO	ACTIVA
TOTAL DE PLANTAS	63	

N/D: INFORMACION NO DISPONIBLE

Fuente: Elaborado a partir de Rodríguez y Cordova (2006) y con datos propios.

4.5.3.9 Productos

En el desarrollo de proyectos como el presente se debe vender abonos orgánicos y sustratos; la propuesta consiste en vender a pie de planta, y mediante distribuidores, en sacos de 50 kg, costurados y etiquetados.

4.5.3.10 Precios

En la región de Texcoco, que es uno de los polos más avanzados en cuanto la producción de abonos orgánicos, el precio oscila de \$ 1200.00 a \$ 1500.00 la tonelada en bultos de 50 kg, sin rotular; mientras que en sacos de 50 kg, costurados y con marca, la tonelada se ofrece hasta en \$ 2800.00. Para una empresa que inicie, como lo revela el análisis financiero, la tonelada de abono orgánico se puede ofrecer a \$1,000.00 en el primer año, como parte de la promoción y el posicionamiento de la empresa.

4.5.3.11 Plaza

Se puede atender el mercado nacional, por sistema producto.

4.5.3.12 Promoción

Se recomienda que las empresas que incursionen en este giro monten una página Web para ofrecer sus servicios.

4.5.3.13 Servicios

Se recomienda que las empresas que desarrollen la producción de abono orgánico, apoyados en el personal técnico de soporte debe brindar servicio de asistencia técnica en materia de interpretación de análisis de suelo, diseño de dosis de abonadura en cultivos anuales, ofrecer capacitación a técnicos incorporados a los programas federales y estatales, así como al público en general.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Generación de residuos

La producción de residuos puede ser un indicador de no sustentabilidad de la sociedad, por ejemplo los residuos sólidos municipales tienen una tendencia al crecimiento per cápita, en 1995 se generaban 637 gramos/día/habitante y para el 2007 se alcanzan los 957/gramos/día/habitante, equivalente a 350 kg de residuos/mexicano/año.

En la ZMCM las cifras que reporta el INEGI indican que se generan 8,712,185 toneladas, que representan el 23.63% del total nacional de residuos sólidos municipales; de este volumen el Distrito Federal aporta 4,380,000 toneladas equivalentes al 50.27%. Estos datos indican que el proceso de generación de residuos no se ha atendido y que después del uso de los bienes de consumo estos residuos sólidos municipales vienen a representar una fuga económica importante en los municipios y en la sociedad; estos datos también reflejan que por el alto contenido de materia orgánica (52%) los residuos sólidos municipales causan riesgo a la salud y al ambiente, en virtud de que la producción nacional anual de estos desechos alcanzan aproximadamente 37 millones de toneladas.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGP y GIR), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003 y con vigencia a partir del 2006 clasifica en tres estratos a los residuos: (a) residuos sólidos municipales; (b) residuos de manejo especial; y (c) residuos peligrosos. Esta Ley aborda conceptos básicos relativos a la sustentabilidad del manejo de los residuos, preveé que se atienda la disminución de la generación de ellos; económicamente plantea que el sistema de gestión de residuos deberá ser aceptado por los distintos sectores, es decir, el generador debe participar con el costo de la gestión de residuos; la cuestión social de los residuos se proyecta que debe atender valores y prioridades de la sociedad. Este instrumento normativo no ha sido suficiente para instrumentar una política pública orientada al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que forman parte de los residuos sólidos municipales; tampoco ha

incidido en los residuos orgánicos que se estratifican en los residuos de manejo especial.

En el marco de la LGP y GIR existen posibilidades de reutilización del 52% de los componentes orgánicos de los residuos sólidos municipales, que al igual que los residuos orgánicos que constituyen o que se inscriben en la categoría de residuos de manejo especial pudieran aprovecharse en cuatro grandes áreas: (1) producción de metano para la producción de energía y calor; (2) producción de compuestos orgánicos; (3) producción de combustibles alternos; y (4) producción de abonos orgánicos, sustratos y enmiendas húmicas mediante procesos de compostaje y vermicultura.

No existe en el país un inventario real de la generación anual de las cantidades producidas de residuos de manejo especial por la industria, sólo se cuenta con las estadísticas que revela INEGI en cuanto al número de empresas manufactureras, pero no se revela el volumen generado de residuos. Indiscutiblemente que se tienen residuos orgánicos, que puede hipotetizarse que tienen un manejo inapropiado, que dicha agroindustria carece de planes de manejo de sus residuos. En el futuro se requiere detallar más la clasificación de la industria manufacturera, así como registrar el volumen de residuos de manejo especial que generan, esto con el propósito de disponer de un inventario en el país.

5.2 Casos exitosos

Se identifican casos exitosos en Estados Unidos, Canadá, Israel, Argentina, donde los residuos sólidos municipales orgánicos y los residuos de manejo especial orgánicos son transformados mediante compostaje como una estrategia para resolver el problema ambiental que generan estos materiales y por otra parte obtienen un sustituto de fertilizantes que contienen nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica y microorganismos que son de aplicación para la agricultura. Los casos que se describen prevén una alianza estratégica entre los generadores, autoridades, empresas procesadoras, instituciones de educación y en

algunos casos consumidores del producto composteado, donde la autoridad brinda facilidades de permisos en el marco de la normatividad a las empresas dedicadas al compostaje para que procesen los materiales orgánicos, en esta estrategia las autoridades canalizan recursos económicos a dichas empresas equivalentes a los costos de disposición en los rellenos sanitarios. Estas experiencias transitan en la visión de la bioeconomía.

En otros casos, las empresas generadoras han construido alianzas con las empresas dedicadas al compostaje y de esta forma han desarrollado un ingrediente ecológico para su marca. En general las empresas dedicadas al compostaje utilizan sistemas abiertos en hileras, auxiliados de maquinaria para poder desarrollar un compostaje industrial. Este proceso en el caso de Estados Unidos, la Universidad de Rutgers de Nueva Jersey destaca por ser el soporte técnico para el desarrollo de esta tecnología ambiental. Esto invita a pensar que en México, al interior de las universidades pueden constituirse grupos de investigación para atender esta problemática.

El producto que se obtiene mediante compostaje es útil para las tierras agrícolas, y en el caso de nuestro país donde los suelos predominantemente son pobres en materia orgánica, una estrategia de compostaje constituye una alternativa de solución para ese 32% de los residuos nacionales de origen municipal que hoy se disponen en tiraderos a cielo abierto, además de dar valorización a los residuos que generan las 15,870 empresas grandes establecidas en el país, para el caso particular de la ZMCM una estrategia de viabilidad a las 6814 agroindustrias establecidas que actualmente hacen uso de los servicios privados de recolección, los cuales disponen en el relleno sanitario Bordo Poniente, el cual en breve será clausurado.

5.3 Unidad de gestión ambiental

La Cuenca de México se encuentra situada en el extremo sur del altiplano mexicano, tiene aproximadamente 4,850 kilómetros cuadrados de superficie, de la cual solamente el 30% es plana, está situada a una altura media de 2,612 metros sobre el nivel del mar, en la porción Oriente se encuentra el municipio de Texcoco.

En el municipio de Texcoco destaca el área limítrofe con la Zona Federal del ex – Lago de Texcoco, donde los suelos son salinos, donde el problema fundamental del área del ex – Lago de Texcoco radica en los suelos, estos constituyeron durante siglos el lecho del Lago, en el cual se depositaron sedimentos que por ser una cuenca cerrada con elevada evaporación, dieron lugar a la acumulación de sales. Ahí se han identificado 5261 hectáreas cuya temperatura superficial alcanza de 50° a 64°C, que carecen de cubierta vegetal, son suelos biológicamente improductivos desde el punto de vista agrícola, son fuente de partículas que deterioran la calidad del aire de la ZMCM.

Esta zona en el pasado formó parte del lecho del antiguo Lago de Texcoco. En la actualidad, la región comienza a ser absorbida por la mancha urbana; el área posee una intensa problemática ambiental, destacando amplias superficies de suelos carentes de una cubierta vegetal, de donde surgen grandes cantidades de polvos que son enviados a la atmósfera por los vientos, lo que afecta la salud de los habitantes de toda el área metropolitana de la Cuenca de México. Los suelos se encuentran desnudos en su mayoría debido a la presencia de grandes cantidades de sales presentes, las cuales constituyen una limitante para el establecimiento y desarrollo vegetal.

Frecuentemente, los trabajos de forestación no logran el éxito esperado, debido a que las plantas, una vez introducidas al área, manifiestan diversos efectos negativos procedentes de la elevada salinidad, terminando por morir en poco tiempo en la mayoría de los casos.

En cuanto a la vegetación, en la zona del ex-Lago de Texcoco dominan en la actualidad las asociaciones de halófitas, las cuales son plantas que poseen alta tolerancia a la salinidad del suelo., y están constituidas principalmente por tres especies de la familia Poaceae: *Distichlis spicata* (L.) Greene, (pasto salado); *Eragrostis obtusiflora* Fourn., (zacahuistle), y *Sporobolus pyramidatus* (Lam.) Hitch., y una de la familia

Chenopodiaceae: *Suaeda torreyana* (S. Wats.), conocida comúnmente como romerito (Figura 35).

En el área salina, carente de vegetación, otras especies han sido introducidas con fines de reforestación, aunque ésta no ha sido exitosa en la mayoría del área. En este caso se incluye a *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia* y *Acacia longifolia* como las especies más comunes, aunque también existen varias otras especies como *Tamarix chinensis*, *Schinus molle*, *Fraxinus molle*, *Ficus* spp., *Pinus* sp., principalmente.



Figura 35. Asociación de halófitas en el área del exlago de Texcoco. Se aprecian *Suaeda torreyana*, en primer término, y el pasto *Distichlis spicata*.

5.4 Problemática ambiental de la zona oeste de Texcoco

La porción Oeste de Texcoco que constituye la unidad de gestión ambiental que presenta temperaturas superficiales de 50° a 64°C se encuentra también localizada al oriente de la Ciudad de México, en el municipio de Texcoco abarcando también parte de la Zona Federal del ex - Lago de Texcoco, con la que comparte características tales como un elevado grado de salinidad en los suelos. Por estas razones, muchos de los trabajos de forestación llevados a cabo en la zona han fracasado, con lo que el área es un foco de contaminación atmosférica por partículas

suspendidas de la Ciudad de México y zonas adyacentes como Ciudad Nezahualcoyotl, Chimalhuacán, Ecatepec, Los Reyes, etc.

También existen en el área algunos canales de aguas negras sin tratamiento, por ejemplo el Río Chapingo, las cuales provienen de las aguas de drenaje de la zona urbana. Una vez que llegan a esta unidad de gestión ambiental dejan escurrir en un cauce artificial sin revestimiento y a cielo abierto. Esto ocasiona también, la expedición de malos olores, que al unirse con los del relleno sanitario Bordo Poniente, son llevados nuevamente a la zona urbana adyacente. Además, estos canales se convierten en un peligro para los pobladores cercanos, ya que de llegar a desbordarse inundarían con sus aguas las casas cercanas.

5.5 Forestación de la unidad de gestión ambiental

Debido a los altos niveles de salinidad presentes, en el área de la Unidad de Gestión Ambiental con temperatura superficial de 50° a 64°C, solamente deben utilizarse especies vegetales tolerantes a la salinidad con fines de forestación o para la creación de zonas verdes y recreativas en general. De ahí el potencial para que se establezcan plantas de compostaje en estos sitios biológicamente improductivos.

5.6 Infraestructura para el manejo de residuos orgánicos

Lamentablemente en nuestro país existe poca infraestructura para realizar el compostaje de residuos orgánicos en escala industrial, el inventario de plantas de compostaje realizado por Rodríguez y Córdova (2006), arrojan que las plantas de compostaje son de baja capacidad y más bien se han establecido en el contexto de la educación ambiental y como una estrategia de promover el aprovechamiento de los residuos orgánicos, a bajo escala.

La normatividad nacional, en particular la LGPGIR, señala un instrumento que son los Planes de Manejo, que se entiende como un instrumento orientado a minimizar y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos de manejo especial y peligrosos, teniendo como referencia criterios de eficiencia ambiental, tecnológica,

económica y social; además el Plan de Manejo debe realizarse bajo principios de responsabilidad compartida y manejo integral con un enfoque participativo de productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos y la participación de los tres niveles de gobierno.

Este planteamiento establecido en la Ley permite entonces pensar en la construcción de alianzas entre generadores, empresas recolectoras y empresas dedicadas al compostaje para atender la problemática ambiental de los residuos orgánicos de manejo especial, esto en el marco de una política pública federal, estatal y municipal.

La construcción de estas alianzas permitiría establecer infraestructura en lugares adecuados para el procesamiento de los residuos orgánicos, que en el caso que nos ocupa es el área de las 5261 hectáreas cuya temperatura superficial es de 50° a 64°C, que se asocia al paisaje rural de suelos salinos carentes de vegetación, cuya proximidad a la infraestructura carretera y al relleno sanitario Bordo Poniente puede sentar las bases para establecer un corredor agrobiológico donde se emplacen plantas de compostaje, como una opción productiva para los campesinos de los ejidos del Oriente del Valle de México.

En esta alianza, las empresas generadoras podrían incorporar la dimensión ambiental en sus procesos productivos; las empresas recolectoras tendrían la oportunidad de contar con espacios cercanos a la ZMCM donde encuentren empresas procesadoras de residuos orgánicos; para los distintos niveles de gobierno sería la construcción de una política ambiental de aprovechamiento de residuos, generación de empleos y producción de sustitutos de fertilizantes para la agricultura de subsistencia, en particular la de temporal.

Impulsar opciones como la descrita, sería darle mayor vida útil a los rellenos sanitarios; abatir costos de disposición de residuos orgánicos de manejo especial; y comenzar a concretar la LGPGIR.

5.7 Evaluación financiera

El establecimiento de plantas de compostaje con capacidad de proceso de 20,000 toneladas de residuos para producción de abono orgánico/año, requieren espacios de cuatro hectáreas, lo cual es factible por el tamaño de las parcelas ejidales de la región de Texcoco.

El establecimiento de plantas de compostaje requiere una inversión de \$5,262,787 donde 59% corresponde a inversión fija; 9% a inversión diferida y 32% a capital de trabajo. Estos recursos, podrían gestionarse en Programas Federales, como el Programa Concurrente para el Campo, así como en recursos que los diferentes niveles de gobierno y la iniciativa privada (generador) en el contexto de los residuos deben canalizar.

Por las características de las 5261 hectáreas que constituyen la Unidad de Gestión Ambiental que se identifica en la porción Oeste del municipio de Texcoco, que tiene impactos sobre la calidad del aire a nivel local y regional; así como por los impactos ambientales provenientes de la generación de residuos orgánicos de manejo especial y residuos sólidos municipales, particularmente de la fracción orgánica, y considerando que México es un país, cuya economía es emergente, condición donde se aplica el instrumento conocido como CER (Reducción Certificada de Emisiones), que se aplica a los proyectos que se incluyen en los Programas llamados Mecanismo de Desarrollo Limpio, que es un procedimiento del Protocolo de Kioto, debiera gestionarse ante la SEMARNAT este tipo de proyectos para que se financie la instalación de la infraestructura para el manejo integral de los residuos orgánicos, en particular los de manejo especial, toda vez que además de resolver problemas ambientales asociados a los residuos y al área circundante a la ZMCM, se atiende la producción de sustitutos para los fertilizantes nitrogenados y fosfatados que provienen de la industria petroquímica secundaria.

6. CONCLUSIONES

El trabajo de investigación permitió concluir lo siguiente:

La producción nacional de residuos alcanza 37 millones de toneladas de residuos, con 52% de material orgánico, equivalente a 50,424 toneladas/día. Del total nacional de residuos, el 32% se dispone a cielo abierto, 5.8 millones de toneladas anualmente corresponde a la fracción orgánica, generando problemas ambientales y de salud pública.

Se identifican 6,814 unidades económicas que generan residuos agroindustriales clasificados como de manejo especial, el costo de disposición es de \$155.00/tonelada en los rellenos sanitarios establecidos en la ZMCM.

En la porción oeste del municipio de Texcoco, colindante con el Ex Lago de Texcoco, se identifica una zona con suelos salinos carentes de vegetación, biológicamente improductivos de 5261 hectáreas.

Existen casos exitosos en países como Canadá, Estados Unidos, Israel y Argentina, de alianzas entre generadores de residuos de manejo especial de tipo orgánico, empresas dedicadas al compostaje, el sector gubernamental, el sector educativo y consumidores de abonos orgánicos que están implementando alternativas ambientales a los residuos orgánicos.

Desde la perspectiva de la Bioeconomía, se requieren tecnologías limpias ambientalmente, hay que producir protegiendo suelos, agua, aire y biodiversidad en el paradigma de la sustentabilidad; se trata de sumar esfuerzos para resolver problemas ambientales, para producir y recuperar sistemas de producción, en este caso de la agroindustria establecida en la ZMCM, para ello se requiere un enfoque integral del funcionamiento de la relación campo-ciudad.

Es factible el aprovechamiento de los residuos orgánicos de manejo especial mediante, en apego a la Norma Técnica Estatal-006-SMA-RS-2006, relativa a la producción de mejoradores de suelos es factible emplazarlas en las áreas que constituyen la isla de calor ya referida.

Para una planta de compostaje que procese 20,000 toneladas de residuos/año, la evaluación financiera del proyecto revela que la inversión total requerida es de \$5,263,000, donde 59% es de inversión fija, 9% de inversión diferida y 32% de capital de trabajo; los indicadores financieros arrojan una TIR de 101%, un VAN de \$21,248,603, una R B/C de \$2.69 y un punto de equilibrio de 2,304 toneladas; el proyecto es viable, técnica y financieramente en el marco de la bioeconomía.

La divisa principal del presente trabajo es ofrecer una arista para seguir produciendo y protegiendo al ambiente, en un ejercicio donde economía y ecología van de la mano teniendo como eje la sustentabilidad, ofrece una base científica para determinar lo que es apropiado en el corto y largo plazo en el ámbito del manejo de los residuos orgánicos.

7. RECOMENDACIONES

Al interior de la UACH integrar un cuerpo de académicos que brinde soporte técnico en manejo de residuos: manejo especial, domiciliarios y peligrosos.

Promover la organización de empresas sociales orientadas a la producción de abonos orgánicos haciendo uso de los residuos orgánicos de manejo especial y domiciliarios.

Orientar a distintos niveles de gobierno: municipal, estatal y federal, en la construcción de una política pública para el aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de la agroindustria como una vía para producir sustitutos a los fertilizantes químicos, generar empleos y atender el problema ambiental de los residuos.

Impulsar un esquema de alianzas estratégicas entre productores rurales, empresas privadas de recolección de residuos y la agroindustria generadora de residuos orgánicos de manejo especial, para el manejo de residuos orgánicos, un correcto uso del suelo en la zona del ex Lago de Texcoco y la creación regional de empleo.

8. LITERATURA CONSULTADA

- Aguilar R., M. y H. Salas V. 1993. La basura, manual para el reciclamiento urbano. Ed. Trillas. México.
- Agassi M., G. J. Levy, A. Hadas, Y. Benyamini, H. Zhevelev, E. Fizik, M. Gotessman and N. Sasson. 2004. Mulching with composted municipal solid wastes in Central Negev, Israel: I. effects on minimizing rainwater losses and on hazards to the environment. *Soil & Tillage Research*. Vol. 78(1):103 – 113.
- Allston, A. 2007. Organics recycling program shows continued growth. *Biocycle*. Vol. 48(8):39.
- Alvarez S. J. y F. Cerrato R. 1994. Los microorganismos del suelo en la estructura y función de los agroecosistemas. Cuaderno 25 de Edafología. Instituto de recursos naturales, Edafología. Colegio de postgraduados. Montecillos, México. pp 44.
- ANACOFER (Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes A. C.). 2006. Mercado Mexicano Fertilizantes.
- Antler, S. 2008. The pulse of the composting industry in Canada. *Biocycle*. Vol. 49(2):21.
- Arias, P. y A. Armendáriz. 2000. El Neolítico. Arlanza Ediciones. Madrid, España.
- Avila D., J. A., V. H. Santoyo C. y A. Turrent F. 2002. El mercado de los fertilizantes en México a finales del siglo XX. UACH. Chapingo, México.
- Balis, C., M. Bertoldi, G. Ferrero, V. Maniow, E. Kapetanios. (Editores) 1992. International symposium of compost recycling of wastes. *Acta Horticulturae* 302.
- Beltrán, E. 1958. Los recursos naturales y el futuro de México. Ed. Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación. México, D. F. 99 pp.
- Bertoldi, M., M. P. Ferranti, P. L'Hermite and F. Zucconi. 1986. Compost: production, quality and use. Elsevier Applied Science. London and New York.
- Buckman, H. O. y N. C. Brady. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simon. Barcelona, España.
- Castillo B., H. 1990. La Sociedad de la Basura. *Ciencias* (20):25 –36.

- Castillo B., H. 1983. La Sociedad de la Basura: Caciquismo en la Ciudad de México. UNAM. México.
- Cruz M., S. 1986. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 129.
- Dalzell, H., A. J. Biddlestone, K. R. Gray y K. Thurainrajan. 1991. Manejo del Suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de Suelos de la FAO 56. Roma, Italia.
- Day, M. y K. Shaw. 2005. Procesos biológicos, químicos y físicos del compostaje (In: Stofella, P. y Brian A. Kahn. 2005. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España), pp:18 – 49.
- Deffis C., A. 1989. La basura, es la solución. Editorial Concepto S. A. de C. V. México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2006. Ley General para la Protección y Gestión Integral de los Residuos, (22 de Mayo de 2006).
- FAO (Food Agricultural Organization). 1991. Manejo del suelo: Producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos 56. Dirección de Fomento de Tierras y Agua, Roma. pp 176.
- FAOSTAT (Food Agricultural Organization Statistics Division). 2009. Importaciones y exportaciones mexicanas de fertilizantes nitrogenados, fosforados en el periodo de 2002 a 2006.
<http://faostat.fao.org/site/575/DesktopDefault.aspx?PageID=575#ancor>. Accesada el 20 de marzo de 2009.
- Farrell, M. 2005. Vineyards make switch to "Four course" Compost. Biocycle. Vol. 46(2):33.
- Farrell, M. 2004. Composting at the world's largest natural foods supermarket chain. Biocycle. Vol. 45(11): 27 - 30.
- Fonstad, T. A., D. E. Meier, L. J. Ingram y J. Leonard. 2003. Evaluation and demonstration of composting as an option for dead animal management in Saskatchewan. Canadian Biosystems Engeneering. Vol. 45:6.19 - 6.25.

- Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de México. 2006. Código para la Biodiversidad del Estado de México. Libro Cuatro. No. 83. Toluca, México. (3 de Mayo de 2006).
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Climática de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México.
- Gibson, C. 2000. Los aztecas bajo el dominio español 1519 – 1810. Siglo XXI Editores. México. Decimocuarta edición.
- Gittinger P., J. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. Ed. Tecnos. Madrid, España.
- Goldstain, N. 2008. Zero waste in Buenos Aires, Argentina. Biocycle. Vol. 49(6):53.
- Gómez C., M. A. y R. Schewentesius R. 2007. La agricultura orgánica en México. Revista electrónica vinculado.
[http://vinculando.org/organicos/directorio de agricultores organicos en mexico/a agricultura organica en mexico.html](http://vinculando.org/organicos/directorio_de_agricultores_organicos_en_mexico/a_agricultura_organica_en_mexico.html). Accesada el 24 de marzo de 2009.
- Gracia, J., J. L. Calva, S. Escobar T., R. Gaspar, E. Monteño, L. Coronado, A. López, L. del C. Gómez y D. Cruz V. 1998. Estado y fertilizantes (1760 -1985). Fondo de Cultura Económica. México.
- Gros, A. y A. Domínguez V. 1992. Abonos: guía práctica de la fertilización. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- Hayes, P. 2005. Food residuals recycling in the most densely populated state. Biocycle. Vol. 46(5):26.
- Hernández S., R. 2003. Metodología de la investigación. Ed. Mc Graw Hill. México.
- IFA (International Fertilizer Industry Association). 2009. Nitrógeno, fósforo y potasio aplicado a la agricultura mexicana, en 1973 a 2006.
<http://www.fertilizer.org/ifa/ifadata/search>. Accesada el 20 de marzo de 2009.
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 1998. Normas Básicas para la producción y el procesamiento ecológico. Normas acordadas por la Asamblea General de la Federación Internacional de Movimiento de Agricultura Ecológica en Mar del Plata, Argentina. Tholey – Alemania.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1998. Carta topográfica y toponímica vectorizada E-14-2, Ciudad de México, 1:250,000. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2001. Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004. Estadísticas del Medio Ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos. Generación y disposición de residuos sólidos por municipios conurbados a la Ciudad de México, 2002.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2006. Censos Económicos 2004. Industrias manufactureras. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Anuario Estadístico. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007a. Estadísticas del Medio Ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos. Generación per cápita diaria y anual de residuos sólidos urbanos por zona geográfica, 1998 a 2006. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007b. Estadísticas del Medio Ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos. Generación, recolección y disposición final de residuos sólidos urbanos, 1996 a 2006. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007c. Estadísticas del Medio Ambiente; asentamientos y actividades humanas, residuos. Generación de residuos sólidos urbanos por entidad federativa, 1998 a 2006. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007d. Estadísticas del Medio Ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos. Generación de residuos sólidos urbanos por tipo de basura, 1996 a 2007. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007e. Estadísticas del Medio Ambiente, asentamientos y actividades humanas,

- residuos. Generación de residuos sólidos urbanos por tipo de localidad, 1997 a 2006. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008. Estadísticas del Medio Ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos. Generación total nacional de residuos, 2007. México.
- INFOPOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1997. Manual Internacional de Fertilidad de suelos. Instituto de la Potasa y el fósforo. 1ª edición. Ref. N° 96207. Querétaro, México. 140 pp.
- Jiménez C., B. E. 2001. La contaminación ambiental en México. FEMISCA-UNAM-LIMUSA. México.
- Kononova, M. M. 1982. Materia orgánica del suelo: su naturaleza, prioridades y métodos de investigación. Oikos – tau. Barcelona, España.
- Labrador M., J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Pensa. Madrid, España.
- Lampkin, N. 1998. Agricultura ecológica. Edición Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Lee, N. 1997. Evaluación Ambiental Estratégica aplicada a políticas, planes y programas. (In M. Peinado L. y S. de Ilúrdoz. 1997. Avances en evaluación de impacto ambiental y ecoadutoria. Ed. Trotta. Valladolid, España. Pp. 283 – 292.
- Lund F., H. 1993. Manual McGraw Hill de reciclaje. Ed. McGraw Hill. México. Vol. I.
- Margalef, R. (1980). Ecología. Ed. Omega. Barcelona, España. 951 pág.
- Martin, L. D. and G. Grace. 1992. The rodale book of composting. Editors Deborah L. Martin and Grace gershuny. Rodale press, Emmanus, Pennsylvania.
- McBride, P. and R. Spencer. 2008. Organics recovery expands in Wyoming's Tetons. Biocycle. Vol. 49(2):35.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. Principles of plan nutrition. International Potash Institute. Bern, Switzerland.

- Monhammadian, M. 2003. La Bioeconomía: Un Nuevo Paradigma Socioeconómico para el siglo XXI. What is Bioeconomics: Biological Economics. Journal of Interdisciplinary Economics Vol. 14(4): 319 – 337.
- Monroy, H. O. y Viniegra G.G. (Compiladores). 1981. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. AGT. Editor. México, México, D.F. pp 260.
- Moreno J. A. 2006. Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de Autoaprendizaje con ArcGis. Ed. Alfaomega. México.
- Muñante P., D. 2009. Formulación y evaluación de proyectos de inversión. Manual del participante. DICEA, UACH. Chapingo, México.
- Navarro G., G. 2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi Prens. Madrid, España.
- Noriega A., C. G., M. A. Vergara S. y F. Neave R. 2008. Nutrición y Fertilidad Integral de los Cultivos. Universidad Autónoma Chapingo. Secretaría de Desarrollo Rural Guerrero. Chapingo, México.
- Noriega A., C.G. 2000. Bases para el manejo ambiental de la Zona Oriente del Valle de México. Dirección General de Prevención y control de la Contaminación. Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal. México, D. F.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 2005. Sesión 7. Residuos. Residuos: Definición.
- Ojeda O., D. 1987. Empleo de los Análisis de Suelos para la Generación de Recomendaciones a Nivel Regional. (In: El análisis químico de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. UACH) pp: 91 – 123.
- Ortiz O., M. 2009. Comunicación personal. Departamento de Suelos. UACH. Chapingo México.
- Ortiz, V. B. y Ortiz, S. C. 1987. Edafología. 6ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortiz V., B. y C. A. Ortiz S. 1990. Edafología. Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México.

- Parlamento Europeo y del Consejo relativo a Abonos. 2003. Reglamento CE 2003/2003. Diario Oficial de la Unión Europea de 21 de noviembre de 2003.
- Parlamento Europeo y del Consejo relativo a Abonos. 2005. Reglamento CEE 2092/91 del Consejo, sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. Actualización. Diario Oficial de la Unión Europea de noviembre de 2005.
- Porta C., Jaime, M. López A. y C. Roquero de L. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España.
- Porting, C. 1992. Historia verde del mundo. Ediciones Paidós. Barcelona, España
- Powers, L. E. y R. McSorley. 2000. Principios ecológicos en agricultura. Editorial Paraninfo. Madrid, España.
- Quiroga M., R. 2003. Naturaleza, cultivos y necesidades humanas: Ensayos de transformación. Universidad Bolivariana. PNUMA. México.
- Randall, A. 1985. Economía de los Recursos Naturales y Política Ambiental. Ed. Limusa. México, D. F. 474 pp.
- Restrepo, I. y D. Phillips. 1982. La Basura, consumo y desperdicio en el Distrito Federal. Instituto Nacional del Consumidor. México, D. F.
- Rink, R. y T. L. Richard. 2005. Sistemas de producción comercial de compost (In: Stofella, P. y B. A. Kahn. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España) pp: 51 – 93.
- Rivero de Trinca, C. 1999. Materia orgánica del suelo. Alcance (57):1 – 207.
- Rodríguez S., M. A. y A. Córdova V. 2006. Manual de Compostaje Municipal, tratamiento de residuos sólidos urbanos. SEMARNAT/INE/GTZ. México.
- Rueda, P. 1991. La industria de los fertilizantes en México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Informe de Ejecución 2000 – 2006 del Programa Nacional de Población 2001 – 2006. México.

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2008. Fertilizantes en México - Histórico de precios promedio anual. <http://www.economia.sniim.gob.mx>. Accesada el 18 de marzo de 2009.
- Sánchez V., A. 1987. Conservación Biológica de México. Perspectivas. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 136 pp.
- Schwentenius R., R., M. A. Gómez C., y H. Blas B. 2007. México Orgánico. Experiencias, Reflexiones, Propuestas. Chapingo, México.
- SE (Secretaría de Economía) y SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). Series Históricas de granos básicos. 1998 – 2008. México.
- SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). 1985. Programa Estatal de Control de Residuos Sólidos Municipales. México, D. F. 39 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. Avances de la separación y recolección selectiva de residuos sólidos en las 16 delegaciones Políticas del Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Regulación y Vigilancia Ambiental. 39 pp.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), SE (Secretaría de Economía) y Fertimex. 2002. Producción de Fertilizantes Nitrogenados; Exportación e Importación de fertilizantes nitrogenados, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005 (miles de toneladas). http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/02dim_economica/02_02_Agricultura/index.shtml. Accesada el 18 de marzo de 2009.
- SMA (Secretaría del Medio Ambiente). 2006. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RJ-2006. Requisitos para la producción de los mejoradores de suelo elaborados a partir residuos orgánicos. Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de México. No. 71 (9 de Octubre de 2006). Toluca, México.
- Simpson, K. 1991. Abonos y estiércoles. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). Precios de los granos básicos de 1998 a 2008. México.
- Stanley A., C. 1980. Conservation of resources. In Encyclopedia of Environmental Science. Ed. McGraw Hill. New York. U. S. A. 858 pp.

- Tisdale, S. M. y W. L. Nelson, 1996. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial UTEHA. México.
- Trejo V., R. 1994. Procesamiento de la basura urbana. Editorial Trillas México.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2002. Programa Nacional Orgánico.
- Vautrin, J. 1998. El rey de la basura. Edivisión Compañía editorial. México.
- Vázquez, H. J. y O. Dacosta. 2007. Fermentación alcohólica: una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. Ingeniería, investigación y tecnología. 8(4):249 -260.
- Williams, C. y S. Sherman. 2005. Baseball stadium hits home rum for recycling and composting. Biocycle. Vol. 46(2):56.
- Yang, J. y Y. Q. Wang. 2000. Estimation of Land Surface Temperature using Landsat-7 ETM Thermal Infrared and weather station Data. Department of Natural Resources Science. University of Rhode Island Kingston. U. S. A.
- Yepsen, R. 2008. Composting and local food merge st urban garden. Biocycle. Vol. 49(11):31.
- Yepsen, R., R. Spencer y N. Goldstein. 2007. Mixed MSW composting in transition. Biocycle. Vol. 48(11):22.
- Young, R. A. 1991. Introducción a las ciencias forestales. Ed. Noriega – Limusa. México, D. F.