

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



**ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS EN EL PUERTO DE
VERACRUZ**

219

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

JORGE GUERRERO QUIROGA

1 9 7 6



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado
originalmente
según el tema.

PRESIDENTE	Prof. Ramón Vilchis Zimbrón
VOCAL	Prof. José Luis Padilla de Alba
SECRETARIO	Prof. Graciela Martínez Ortiz
1er. SUPLENTE	Prof. Jorge Mercarini Peniche
2o. SUPLENTE	Prof. Alfonso Franyutti Altamirano

Sitios donde se desarrolló el tema: Ciudad de Veracruz, Ver. GUANOS Y
FERTILIZANTES DE MEXICO, S.A., E INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM.

Nombre completo y firma del sustentante: JORGE GUERRERO QUIROGA.

Nombre completo y firma del asesor del tema: GRACIELA MARTINEZ ORTIZ

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece ampliamente a las siguientes personas e Instituciones:

Al Dr. Ramón Fernández González,

por las valiosas ideas, la colaboración y las facilidades proporcionadas para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Fernando González Grijalva,

por las facilidades prestadas para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. y M. C. Graciela Martínez O.,

por la asesoría proporcionada en la realización del presente estudio.

Al Dr. Humberto Bravo A.,

Por las valiosas ideas y colaboración proporcionadas para la realización de este estudio.

A Guanos y Fertilizantes de México, S.A. y

al Instituto de Geofísica U.N.A.M.,

por el interés que manifiestan en el desarrollo de este tipo de trabajos, y los insumos proporcionados para el logro del presente estudio.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Mis padres

J. Jesús Guerrero M.

Angela Quiroga Q.

Como un homenaje
al esfuerzo de toda
su vida.

A mis hermanos

Juan José

Aída

E. Antonio (en memoria)

Enrique

Esperanza

Por el cariño
que nos une.

A Lidia

Como una
promesa.

A
todos y a cada uno de
los maestros que consa-
gran su vida en benefi-
cio de la humanidad.

I N D I C E

CAP.		PAGINA
	RESUMEN	1
	INTRODUCCION	4
1.	CONCEPTOS GENERALES SOBRE CONTAMINACION	7
2.	PRINCIPALES METODOS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS	17
2.1	TIRADERO A CIELO ABIERTO	21
2.2	EN FORMA DIRECTA SOBRE TIERRAS DE CULTIVO	26
2.3	DISPOSICION EN MEDIOS ACUOSOS	28
2.4	RELLENO SANITARIO	33
2.5	INCINERACION	41
2.6	PIROLISIS	45
2.7	HIDROLISIS	49
2.8	OBTENCION DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION	52
2.9	FABRICACION DE ALIMENTOS PARA GANADO	54
2.10	COMPOSTEO	57
2.11	SISTEMAS COMBINADOS	73
2.12	DISPOSICION DE RESIDUOS MEDIANTE REDUCCION	75
3.	LA CIUDAD DE VERACRUZ COMO FUENTE GENERADORA DE RESIDUOS SOLIDOS	77
3.1	DESCRIPCION GENERAL DE LA CIUDAD DE VERACRUZ	78

CAP.		PAGINA
3.2	LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE VERA CRUZ	84
3.2.1	SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION	84
3.2.1.1	EQUIPO DE RECOLECCION ACTUAL	87
3.2.1.2	PERSONAL	89
3.2.1.3	GASTOS MENSUALES	90
3.2.1.4	DISPOSICION FINAL	93
3.2.2	EVALUACION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	95
3.2.2.1	MUESTREO	96
3.2.2.2	ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS	101
4.	SELECCION DE ALTERNATIVAS	114
4.1	ANALISIS DE ALTERNATIVAS	115
4.2	FACTORES QUE AFECTAN LA INSTALACION DE LAS TRES ALTERNATIVAS SELECCIONADAS	119
4.3	RELLENO SANITARIO COMO ALTERNATIVA 1	121
4.4	PLANTA DE RECICLO DE SUBPRODUCTOS COM- BINADA CON RELLENO SANITARIO COMO ALTER- NATIVA 2	126
4.5	PLANTA PARA LA ELABORACION DE COMPOSTA COMO ALTERNATIVA 3	134
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145

R E S U M E N

El presente trabajo se ha efectuado motivado principalmente por la magnitud que en la actualidad ha alcanzado la problemática de la contaminación ambiental y dentro de este contexto, el problema relativo al manejo y la disposición de los residuos sólidos en los grandes centros urbanos y con el propósito de coadyuvar en la medida de las posibilidades en la solución de este tópico.

Para el logro de tal fin se inicia este tema mediante una descripción de los conceptos generales de contaminación ambiental, con el objeto de situar dentro de dicho marco de referencia el problema de la disposición final de las basuras urbanas en la Ciudad de Veracruz.

A continuación se efectúa una descripción somera de los principales sistemas de disposición final. Se presentan desde los más rudimentarios hasta los más tecnificados, aun cuando algunos de ellos se encuentran en etapa de experimentación, haciéndose referencia a sus principales características, ventajas y desventajas.

Se describe la Ciudad de Veracruz como fuente generadora de residuos sólidos, haciéndose énfasis en los principales factores que influyen sobre este vasto problema como son: Descripción geográfica, población actual y su proyección para los años siguientes, condiciones climatológicas. Así como una breve historia concerniente al desarrollo del sistema de limpia y recolección de las basuras en esta ciudad, su equipo de recolección y sistema de disposición final incluyendo sus costos por tonelada de basura recolectada.

Se tratan los temas de muestreo, evaluación cualitativa y cuantitativa de los residuos sólidos, estimándose la generación de basuras y su proyección para los años siguientes, además se efectuaron diversos análisis tanto físicos como químicos con el objeto de conocer las características de las basuras.

Analizando los métodos de disposición y considerando las principales características que delimitan nuestro sistema se seleccionan las alternativas de disposición que pueden solucionar adecuadamente el problema integral de las basuras urbanas en la ciudad de Veracruz y se presenta una evaluación económica para cada una de las alternativas seleccionadas.

Finalmente se presentan las conclusiones a que se ha llegado al término del presente estudio así como las recomendaciones que nos permitimos hacer en relación a este tema, con el propósito de que sean de alguna utilidad en la solución de este vasto problema.

I N T R O D U C C I O N

El hombre no obstante, de ser el ente de mayor intelecto, de todos cuantos existen en la naturaleza y de haber sido creado para que gobernase el mundo, solamente exterioriza ese intelecto, cuando lo que afecta a la humanidad le incumbe directamente y siente en carne propia el daño que supone ajeno.

Generalmente permanece indiferente extraño y apático al mundo que lo circunda, hasta que súbitamente su medio de vida se revela amenazando la existencia del rey de la creación.

Esta es una de las verdades mas crudas que ha tenido que afrontar el género humano. Ya que un día al abrir las ventajas de la historia y comparar sus condiciones actuales son las de sus ancestros, se encuentra con un panorama deprimente y desalentador en torno a su medio ambiente. Por esta razón, se forma la idea de que se está suicidando en una forma progresiva y lenta, pero segura, lo cual acepta con indiferencia, dejando hacer y permitiendo el paso de los acontecimientos con un desapego casi absoluto.

Por esta razón la situación ha llegado a ser agobiante, de forma tal que precisa al hombre a despertar de su apatía e indiferencia y a que se preocupe por conservar su medio ambiente.

Los hombres de ciencia se encuentran consternados. La gente

al margen de la alarma, no sabe que se está envenenando, que la basura arrojada al "desgaire", que los envases desechables, que los residuos químicos de las fábricas pueden afectar su medio de vida y propiciar toda una secuela de desastres ecológicos posteriores.

La magnitud y la importancia que tiene este problema nos ha motivado a efectuar el presente estudio, y con el propósito de ubicar la posición que se asumirá en el transcurso del mismo, en relación al universo tan vasto de la contaminación ambiental, nos enfocaremos a una de las fuentes que mas contribuyen a la propagación de la contaminación, refiriéndonos específicamente a las basuras urbanas, sus formas de disposición y los problemas que en torno a ello se originan. Para completar la ubicación restringiremos el problema al área delimitada únicamente por la ciudad de Veracruz, Ver.

El objetivo fundamental de este trabajo radica en coadyuvar aunque si bien en una mínima parte a que el medio ambiente sea afectado en el menor grado posible y además tratar de contribuir en la medida de las posibilidades a solventar los problemas de tipo técnico, socioeconómico y político que trae consigo el manejo y la eliminación de los residuos sólidos mediante un análisis de alternativas de disposición de las basuras urbanas en base a lo cual se planteará la forma de disposición mas adecuada para solucionar el problema integral de las basuras urbanas en esta ciudad.

C A P I T U L O

1

CONCEPTOS GENERALES DE CONTAMINACION

Actualmente la humanidad se enfrenta a diversos problemas, que por su magnitud debemos considerarlos como fundamentales, dentro de este contexto es necesario citar en forma especial el problema socio-económico, político y técnico, de la contaminación ambiental que en los últimos tiempos ha alcanzado una dimensión inusitada.

Para comprender adecuadamente la problemática de la contaminación y de la influencia del hombre sobre el medio ambiente, es absolutamente indispensable examinar previamente las principales características que definen a este, tales como biósfera, ecología, ecosistema, etc.

La biósfera, es un sistema que engloba a todos los seres vivientes de nuestro planeta así como el aire, el agua y el suelo que constituyen su habitat o lugar donde se desarrolla normalmente el ciclo vital (ref. 1).

El funcionamiento de la biósfera puede resumirse de la siguiente forma: en el exterior una fuente de energía representada por la radiación solar: en el interior la biomasa donde se desarrollan los fenómenos del metabolismo, al término de los cuales unos organismos nacen, otros mueren, unos se alimentan de otros formando cadenas alimenticias en un gigantesco y permanente ciclo biológico, a cuyo término, materias y formas de energía, pasan de un estado biológico a otro.

9

Todos los mecanismos de la vida integral en la biósfera no pueden vivir como entidades aisladas, sino que dependen del medio ambiente, concretamente, han de ingerir alimentos, agua, minerales, etc. eliminar desperdicios, y mantener una determinada temperatura. El estudio de las acciones recíprocas entre sistemas vivos y su medio ambiente constituye la ciencia de la Ecología, considerados juntamente los organismos vivos y la materia inerte con la que actúan en reciprocidad constituyen el ecosistema (ref. 2).

Nos hemos acostumbrado a la idea de que el hombre y la naturaleza han operado en una armonía relativa durante años, o sea en un equilibrio natural. Para apreciar los efectos del hombre sobre el equilibrio de la naturaleza es indispensable comprender el comportamiento de los ecosistemas.

El medio ambiente o biósfera no resultaba alterado apreciablemente por la existencia del hombre primitivo. Las razones de esto eran dos: primero, la tecnología primitiva del hombre era muy limitada; en segundo lugar su presencia en la biomasa (tierra) era muy reducida, e inclusive si él hubiera sido técnicamente avanzado, su presencia sobre la tierra era demasiado esparcida para poder afectar el medio ambiente en grado significativo alguno.

La revolución industrial rompió el equilibrio ecológico que el hombre mantenía con la naturaleza, pues podemos considerar que

hasta el siglo pasado la influencia del hombre era relativamente pequeña. No es posible afirmar que antes de la primera mitad del siglo XIX no existiera la contaminación ambiental en realidad desde la aparición del hombre, puesto que toda actividad humana, especialmente cuando ha dado lugar a concentraciones importantes, trae consigo alguna forma de contaminación.

A partir de la explosión industrial y urbana del siglo XIX se produce un aumento considerable de la contaminación, y en unas condiciones tales que las relaciones entre el hombre y su medio ambiente se encuentran totalmente alteradas. En la actualidad el problema de la contaminación se ha agravado y ha adquirido proporciones dramáticas, tanto por su intensificación como por su extensión geográfica.

Anteriormente las zonas contaminadas eran muy reducidas y es posible que existieran zonas bastante contaminadas por desechos industriales y urbanos como son las desembocaduras de los ríos y áreas metropolitanas, pero en la actualidad tienden a cubrir todo el planeta y han sido encontradas sustancias contaminantes en los lugares más apartados como el polo norte, por ejemplo puede citarse el plomo, mercurio (ref. 3, 4, 5, 6). En México esto se limita a menos del 10 % del territorio Nacional, aunque afecta aproximadamente al 40 % de la población.

Estamos desviándonos del curso de la historia del hombre sobre la tierra, puesto que en un lapso históricamente corto, de trescientos años,

la ciencia y la tecnología han transformado la tierra, sus habitantes y en consecuencia su forma de vida.

No obstante que los logros obtenidos mediante los progresos tecnológicos son extratmosféricos, maravillosos y que han proporcionado al hombre un mejor medio de vida material e intelectual. El precio que ha tenido que pagar por ello es relativamente elevado, esto es el deterioro paulatino de su medio ambiente mediante las diversas formas de contaminación; la del aire, agua, tierra, estética y psíquica.

Hemos vivido durante mucho tiempo con la idea de que la naturaleza era un bien inagotable, gratuito y eterno. Hoy observamos lo contrario, que la naturaleza no es un bien inagotable, sino un bien raro, no gratuito y cada vez más caro de proteger y no infinito sino finito.

Motivado parcialmente por la industrialización durante los últimos años el alto índice de crecimiento de la población, la cual aumenta con un crecimiento exponencial o tasa geométrica principalmente en las regiones subdesarrolladas, dado que en las regiones más progresistas del mundo, este crecimiento tiende a ser lineal (ref. 4, 6). La creciente emigración de la población rural hacia los centros urbanos han dado origen al incremento en la formación de grandes conglomerados, a un incremento incontrolable de la población mundial, y

el aumento acelerado de las necesidades de dicha población; originando así un incremento en los diversos factores que afectan el equilibrio.

Así por ejemplo los productos necesarios para satisfacer las necesidades de alimentación de dicha población, donde la producción de este tipo de satisfactores solamente se ha incrementado en una proporción casi aritmética el proceso industrial agota los recursos naturales, materias primas y las fuentes de energía en su afán de cubrir el déficit resultante de una demanda de satisfactores que aumenta en proporción geométrica y una oferta que crece en proporción aritmética y sobre todo influenciado por las tendencias actuales que cada día nos conducen con mayor ímpetu hacia una sociedad de consumo.

Estos y otros factores, dentro de los cuales por su importancia cabe recalcar en forma especial los siguientes; la explosión demográfica, las tendencias multitudinarias de los asentamientos humanos en las grandes urbes, las características técnicas de nuestra industria y la multiplicación de los medios de transporte contribuyeron a la proliferación de las diferentes formas de contaminación ambiental.

Al grado de que la naturaleza es incapaz de presentar por si sola el amortiguamiento requerido, puesto que nada se salva, el aire, el agua y el suelo se encuentran en peligro de ser afectados considerablemente.

Los humos y polvos que cotidianamente depositan en la biósfera millones de automotores y chimeneas de las fábricas asfixian a sus habitantes, causándole graves problemas principalmente en el aparato respiratorio. Deterioran la atmósfera, lo que hace temer por daños mayores originados por la alteración de la radiación solar que llega a la biomasa, sobre todo en los países desarrollados, dado que en los países en vías de desarrollo estos problemas se presentan en un menor grado.

La contaminación del agua es originada por la gran cantidad de residuos provenientes de las actividades del hombre y de las diversas industrias. Consecuentemente los contaminantes que pueden llegar a las aguas son muy diversos y alteran sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Es cierto que existen algunos de efecto limitado y de poco alcance, como algunas partículas sedimentables y otros que tienen un efecto perjudicial transitorio aunque muy severo, tales como la temperatura y la materia orgánica putrescible. Esta última responsable de la disminución del contenido de oxígeno es evaluada por medio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que ocasiona graves daños a la flora y la fauna, pero bajo ciertas condiciones puede ser descompuesta desapareciendo de esta manera los daños causados al medio.

En cambio hay otros que representan prácticamente la destrucción del ecosistema acuático y entrañan grandes peligros para quie-

nes pudieran consumir esas aguas o sus productos, puesto que en ocasiones persisten en el medio por largo tiempo; tal es el caso de los metales pesados, algunos plaguicidas, los cianuros, el arsénico, los hidrocarburos y el fenol (ref. 8 y 9).

Los metales pesados, entre los que destacan; el plomo, el cadmio y el mercurio tienen como característica común la elevada toxicidad de sus sales solubles, que pueden ser acumuladas por los organismos que las han absorbido. Estos a su vez pueden entrar a la cadena alimenticia, que termina en el aparato digestivo del hombre con sus trágicas secuelas de saturnismo, ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia o muerte.

La madre tierra que puede ser deteriorada por el asimiento de los residuos sólidos y/o regada con agua contaminada envenena a su vez las raíces de sus vegetales y este peligro se extiende a los animales y así de este modo, sus productos son portadores de gérmenes negativos y diversos vectores que ponen en peligro la existencia del hombre.

Las tendencias actuales de la humanidad hacia una sociedad de consumo aunado al desarrollo del proceso de urbanización, así como las características técnicas de nuestra industria, la intensidad de la propaganda y publicidad originan un aumento incesante del peso y volumen de los residuos urbanos, que por sus características físicas, químicas y

biológicas constituyen una de las fuentes que más contribuyen a la propagación de la contaminación ambiental.

En las basuras urbanas se encuentran desde residuos de comida proveniente de casas habitación, restaurantes y mercados que son fácilmente putrecibles y por lo tanto potenciales criaderos de insectos, así como envases desechables, artículos desechos rotos y maltratados de los cuales gran parte no son degradables o difícilmente degradables, como es el caso de los materiales plásticos, y lo que es más grave aun, que en dichos residuos se encuentran sustancias tóxicas como el plomo, mercurio cadmio, etc., además de la basura proveniente de los hospitales que son focos de infección portadores de gérmenes patógenos que transmiten diversas enfermedades al hombre.

Así el problema de las basuras urbanas es ya agudo sobre todo en poblaciones mayores de cien mil habitantes y la magnitud de la producción de estos residuos exige la máxima atención preventiva para evitar la contaminación ambiental con su consiguiente cauda de enfermedades infecciosas y epidemias, la degradación social de los manipuladores de la basura y el alto costo de los servicios de recolección transporte y disposición final de los residuos urbanos.

En estas circunstancias la amenaza de la crisis del medio ambiente, génesis y efecto de la problemática moderna plantea un reto que la humanidad debe superar para poder subsistir. Los enemigos a vencer

son; la contaminación y el deterioro del medio ambiente y consecuentemente la apatía e indiferencia que la gente manifiesta al respecto.

No obstante esto, reiteramos nuestra confianza en que la bondad de nuestros más altos valores en la ciencia y la tecnología han de testimoniar no solo la salvación del género humano, sino la elevación de la calidad de su vida gracias al mejoramiento integral de la biósfera y a un nuevo orden socio-económico, político y técnico internacional. Avidos del logro de tales fines tratamos de contribuir, aunque si bien en una pequeñísima parte, en la solución de este complejo problema enmarcado en el universo tan vasto de la contaminación ambiental. Mediante el presente estudio de análisis de alternativas para la disposición de residuos sólidos urbanos en el Puerto de Veracruz, Ver.

CAPITULO 2

PRINCIPALES METODOS DE DISPOSICION FINAL DE

RESIDUOS SOLIDOS

Todo proceso tecnológico engendra residuos como producto normal y necesario de sus operaciones. Los cúmulos de escoria y basuras de las minas son productos derivados normales de esa industria; el estiércol es un subproducto natural de la producción de carnes y de leche. El bagazo de la caña de azúcar, la paja y el rastrojo de los cereales son residuos normales de los cultivos agrícolas. La poda de los árboles es un colorario de la producción de sus frutos; las virutas y el polvo de los metales son desechos necesarios formados en el procesamiento de los metales por medio de las máquinas; los restos de materiales y los productos estropeados o intolerables son desperdicios normales que resultan de los procesos de manufactura; todo proceso químico tiene como resultado una serie de subproductos residuales.

Anteriormente, y aún en gran parte en la actualidad, lo que se ha hecho con los desperdicios es recolectarlos y ponerlos fuera de la vista. Lo que era "conveniente o útil" se volvía a usar y lo demás algunas veces se compactaba al menor volumen posible o bien sin hacerlo se ponía en un lugar inócuo.

Esto ya es una solución nociva para la sociedad pues nos presenta diversos problemas de tipo socioeconómico, político y técnico,

de los cuales podemos citar algunos de sus principales aspectos negativos:

- a) Se está alterando grandemente el equilibrio ecológico del sistema en que vivimos, ya que en su mayoría los residuos tardan mucho tiempo en incorporarse al ciclo biológico del ecosistema constituido por la biósfera.
- b) En la mayoría de los casos esta solución resulta inadecuada desde el punto de vista sanitario.
- c) Estamos desaprovechando lo que puede ser una fuente de materia prima para otros procesos.

Por estas y otras razones tenemos que hacer más, que volver a usar algunos materiales de cierto valor comercial contenidos en las basuras, a la par que debemos reducir el resto del volumen al mínimo posible. Esto es cierto no sólo por la creciente carencia de recursos, sino debido a los incrementos en los costos de recolección y eliminación de residuos sólidos.

A este respecto la tecnología en su afán de eficiencia siempre trata de reducir los productos de desecho mediante el mejoramiento de los procesos. La mejoría puede consistir en:

- 1o. Disminuir los desperdicios en el proceso de fabricación.
- 2o. Aumentar el empleo y/o la vida útil de los productos.
- 3o. Transformar los productos residuales en artículos útiles

Algunos procesos no son susceptibles de los dos primeros tipos de mejoramiento, y solo puede lograrse algún proceso por medio de transformaciones.

Un incremento en la producción de leche tendrá que ir acompañado de una mayor cantidad de estiércol; el fomento de la industria minera acrecentará los cúmulos de escoria.

La reducción de todos estos productos de desecho mediante su transformación en artículos de utilidad y provecho será, como los procesos originales un conjunto de seudosoluciones que engendrarán nuevas cadenas de problemas residuales.

Es imprescindible recalcar la importancia primordial que debemos dar a lo que podemos considerar como otro género de desperdicios, que es el obtenido como producto resultante de la vida del hombre en agrupaciones sociales. Los muladares, el alcantarillado, los objetos desechados (rotos, maltratados), y todo el detritus de la civilización tecnológica caben dentro de esta categoría.

Esta basura no es susceptible de cálculos eficientes y los progresos tecnológicos no pueden controlar directamente su producción. La tecnología no puede hacerse cargo más que de reunirla y eliminarla. Una parte del proceso de eliminación puede consistir en transformar los desperdicios de suerte que la deshacerse de ellos pueda efectuarse al menor costo y la mayor facilidad posible, con menos efectos nocivos o incluso que pueda rescatarse una parte de los productos y destinarse a nuevos usos.

El tratamiento o disposición de basuras en los últimos años ha tomado la magnitud de un problema grave, y en torno a él se han desarrollado diferentes métodos de disposición final. Actualmente existen procedimientos químicos, físicos y biológicos tanto aeróbios como anaeróbios.

A continuación describiremos algunos de ellos, desde los más rudimentarios hasta los más tecnificados.

2.1 TIRADERO A CIELO ABIERTO

Este sistema consiste en localizar un sitio cercano a las poblaciones para verter en él los desperdicios sin efectuar ningún control sanitario. La basura es depositada ahí hasta que la acumulación es

tal, que se imponga la localización de un nuevo predio.

Ventajas

- a) Mínima inversión en comparación con otros sistemas de disposición.
- b) Acepta prácticamente todo tipo de desechos.

Desventajas

- a) Necesita grandes extensiones de terreno.
- b) Devalúa y deteriora las tierras.
- c) Se desaprovecha una fuente de recursos.
- d) Origina graves problemas de contaminación ambiental.
- d) Es un foco de infección y propagación de innumerables enfermedades.
- f) Ocasiona largos y costosos fletes.
- g) Deteriora el equipo de recolección.
- h) Disminuye la eficiencia del sistema de recolección.

En muchas ciudades, pequeñas y grandes la forma utilizada para deshacerse de los desperdicios sólidos (basuras) suele ser primitiva. El método más utilizado para ello, ha sido y continúa siendo el de tiradero a cielo abierto.

Este método se encuentra muy arraigado debido a que es el único capaz de aceptar todo tipo de materiales, inclusive aquellos que no son compactibles con otros métodos de disposición, como la incineración y el composteo, y además, a la actitud general de las comunidades de lograr a un costo mínimo la eliminación de los desechos sólidos.

En el ámbito nacional se usa combinado con la selección o pepena de algunos materiales de cierto valor comercial. La cual por sus características es muy ineficiente estimándose una recuperación del 15 al 4 % del total de las basuras. El resto del material por sus propiedades tanto físicas como químicas se ve sometido en una forma natural a un proceso de descomposición reintegrándose a la naturaleza por medio de la biomasa al cabo de muchísimos años.

Es a priori un método inadecuado desde diversos puntos de vista, de ellos pueden citarse los siguientes: El socioeconómico, la salud y la contaminación ambiental.

Estos lugares de disposición son cada día más escasos y distantes lo que produce un aumento considerable en los costos de transporte de los desechos sólidos y constituyen uno de los focos de mayor contribución al problema de la contaminación ambiental, dado que en ellos se encuentran casi todas las formas de contaminación; la del aire, agua tierra, estética, etc.

Contaminación del aire. En los países en vías de desarrollo la materia orgánica que constituye aproximadamente el 80 % de las basuras, contiene un alto porcentaje que es de fácil degradación formado principalmente por carbohidratos, el porcentaje restante que se degrada mas lentamente está constituido principalmente por material celulósico.

Las bacterias aeróbias que ahí se encuentran comienzan a degradar la materia orgánica, pero el aire atrapado no dura mucho y pronto comienza la acción anaerobia, produciendo gases contaminantes como el metano y el bióxido de carbono que constituyen el 40 y 45 % respectivamente de los gases, y trazas de otros como; óxidos de nitrógeno, amoniaco e hidrocarburos más pesados.

Además, salvo algunas excepciones los fuegos e incendios se producen por autocombustión, debido a que el proceso de degradación es exotérmico y a la presencia del metano, contaminando el aire con los humos y polvos correspondientes. A lo anterior se agrega la contaminación por polvos, olores y partículas transportadas por el viento.

Contaminación del agua. Al depositar en la tierra las basuras sin ningún control sanitario el agua de lluvia y superficial que llegan a ellas, pasan a través de los desechos a baja velocidad lo que hace que los contaminantes solubles que ahí se encuentran, se integren

al agua, provocando en el efluente una concentración muy alta de DBO y tóxicos. A este efluente se denomina lixiviado y es un poluyente enorme para las corrientes superficiales y los mantos freáticos.

Contaminación de la tierra. En innumerables ocasiones las sustancias contaminantes presentes en el lixiviado son retenidos por el suelo, y esto aunado al hacimiento de desechos en la tierra trae consigo un deterioro paulatino de los mismos. Además la presencia de materia putresible atrae insectos y roedores que al encontrar alimento y condiciones adecuadas para su reproducción convierten el tiradero en un centro reproductor de gérmenes patógenos, que ellos mismos se encargan de propagar posteriormente a diversos lugares transmitiendo numerosas enfermedades tanto al hombre como a los animales.

De esta forma lo que aparentemente es un método de disposición de desechos a bajo costo se torna a la larga en fuertes erogaciones y pérdidas, que en muchos casos resultan intangibles como son los perjuicios causados a la salud del individuo y los costos de las enfermedades producidas por el uso de este sistema. Por lo anteriormente expuesto es elocuente la apremiante necesidad de erradicar en la medida de las posibilidades y a la mayor brevedad posible este sistema de disposición de desechos sólidos tan negativo para la humanidad.

2.2 EN FORMA DIRECTA SOBRE TIERRAS DE CULTIVO

Este sistema de disposición estriba básicamente, en depositar las basuras urbanas en forma directa y controlada sobre las tierras de cultivo en sustitución de los abonos orgánicos, para tratar de conservar y/o mejorar las propiedades agrícolas del suelo. Al respecto existen dos variantes que son:

2.2.1 Utilizando basuras crudas

El método consiste en aplicar la basura tal y como se recibe de los sistemas de recolección, directamente sobre la tierra de cultivo en forma análoga a la aplicación de abonos orgánicos.

2.2.2 Empleando basuras tratadas (molidas)

Este método es similar al anterior y solamente difiere en que en este caso la basura es sometida previamente a una molienda.

Ventajas

- a) Es un método económico, aunque si bien en el caso de las basuras molidas los costos se incrementan por este concepto.
- b) Reintegran a la tierra algunos elementos necesarios en la agricultura.

Desventajas

- a) Únicamente acepta una parte de las basuras.
- b) La basura tarda cierto tiempo en incorporarse al ciclo biológico sobre todo cuando se emplean crudas.
- c) Presentan problemas de contaminación ambiental por la presencia de microorganismos patógenos, semillas, y elementos indeseables en la agricultura, como vidrios, latas, plásticos y otros materiales no degradables o que se degradan muy lentamente.
- d) En algunos casos los costos de transporte hacen inoperante este método.
- f) Existe resistencia por parte de los agricultores para aplicar este sistema.

Generalmente todos los métodos de disposición de basuras requieren que se descarguen a tierra parte del material, y las diferencias entre las alternativas son: la forma como los residuos son depositados en la tierra, la calidad, el volumen, la masa que debe descargarse y el ritmo con que el material se vuelve estéril.

Refiriéndonos al caso específico en que las basuras urbanas son depositadas en forma directa y controlada sobre las tierras de cultivo, es posible afirmar que debido a los inconvenientes que por

ello se originan, esta práctica tiende a desaparecer. Es posible disminuir algunos de estos inconvenientes en el caso donde existe separación de basuras, aplicando al suelo únicamente los residuos de fácil degradación, como son, los desechos de productos alimenticios, dado que esta práctica resulta similar a el empleo de los llamados abonos verdes.

2.3 DISPOSICION EN MEDIOS ACUOSOS

El método consiste en eliminar las basuras a través de los distintos medios acuosos. Para ello se utilizan desde tiempos inmemoriales todas las fuentes disponibles como son: aguas oceánicas, continentales y residuales, ya que desde siempre el agua ha sido considerado como uno de los principales vehículos de disposición de los residuos sólidos.

Para tal efecto se emplean principalmente los métodos (ref. 25) siguientes:

- 1o. Depositar en las aguas tanto oceánicas como continentales las basuras crudas, o sea, tal como se reciben de los diferentes sistemas de recolección.
- 2o. Dar a las basuras un tratamiento previo el cual consiste básicamente, además de la pepena, en una molienda

o compactación, dependiendo ésto del sistema acuoso por utilizar.

2.3.1 La disposición en aguas oceánicas se efectúa, transportando hacia altamar por medio de lanchones cuya capacidad varía entre 1000 y 5000 toneladas. Cuando se dispone de basuras crudas (ref. 26) ésta se efectúa con el transporte en movimiento a una velocidad de descarga de 5 a 20 toneladas por minuto. Si la basura recibe un tratamiento previo de compactación formándose generalmente bloques o balas, se disminuyen los costos de transporte y se facilita la inmersión.

2.3.2 La disposición en aguas continentales (ríos y lagos) comúnmente se efectúa depositando en ellos las basuras crudas bajo control mínimo con los consiguientes problemas de contaminación.

2.3.3 El sistema de disposición en aguas residuales puede ser considerado, salvo algunas excepciones como un sistema de disposición domiciliaria, donde se instalan sistemas de molienda principalmente para sustancias con alto contenido de materia orgánica, principalmente residuos de comida, después de realizar la molienda la basura se incorpora al sistema de drenaje con la ayuda de agua a presión, reduciendo así el monto de basuras que es necesario transportar y eliminar por los sistemas tradicionales.

Ventajas

2.3.1 En aguas oceánicas

- a) Costos relativamente bajos.
- b) Debidamente controlado puede contribuir al desarrollo de la flora y la fauna marina.

2.3.2 En aguas continentales

- a) Económico

2.3.3 En aguas residuales

- a) Disminuye la cantidad y los costos de recolección.
- b) Aumenta la eficiencia del sistema de recolección.

Desventajas

2.3.1 En aguas oceánicas.

- a) Causa grandes problemas de contaminación ambiental.
- b) Pone en peligro la existencia de la flora y la fauna marina.

2.3.2 En aguas continentales.

- a) Presenta graves problemas de contaminación ambiental.
- b) Solo acepta una parte de las basuras.

- c) Requiere de métodos complementarios.

2.3.3 En aguas residuales

- a) Desperdicia grandes cantidades de agua.
- b) Puede obstruir los sistemas de drenaje.
- c) Requiere de múltiples sistemas domiciliarios de molienda.
- d) Acepta solo una parte de las basuras.
- e) Presenta problemas de contaminación ambiental.

A través del tiempo, el mar ha sido considerado invariablemente como un vertedero natural. Pero si durante milenios de ciclos biológicos aseguraban en gran medida la absorción de los residuos y la repurificación de las aguas, hoy, en cambio asistimos con frecuencia a un desequilibrio del medio marino debido a factores químicos, físicos y biológicos.

El mar posee una gran capacidad auto depuradora y es un medio poco favorable para el desarrollo de la mayoría de microorganismos patógenos y en algunas aguas la biodegradación del material orgánico es análoga a la efectuada en los rellenos sanitarios (ref. 27), sin embargo el vertido incontrolado de las aguas residuales provenientes de zonas urbanas, y de los residuos sólidos domésticos e industriales convierten las aguas costeras en un medio muy favorable para la supervivencia de bacterias patógenas.

Dichos microorganismos, si bien no representan por lo general un gran peligro para las personas que se bañan en las playas (salvo en casos de fuerte polución fecal como es el del lago Erie de E.E.U.U. (ref. 3) suponen no obstante un indiscutible peligro para aquellos individuos que ingieren moluscos que viven o se cultivan en aguas costeras.

La presencia de abundante materia orgánica favorece el crecimiento y desarrollo de la flora marina y de poblaciones de moluscos comestibles, pero junto a ésta ingieren y retienen numerosas sustancias y microorganismos nocivos para el hombre. Ello, explica la frecuencia de salmonelosis humana y otras enfermedades provocadas por ostras, mejillones, almejas, etc. Por ejemplo en 1973 se produjo en Italia una epidemia de cólera cuyo vehículo de transmisión fueron los mejillones.

Estas experiencias que revelan un desequilibrio del ecosistema, provocado por los altos niveles de contaminación, son la principal objeción a este método de disposición. Después de vivir los efectos desastrosos y en muchos casos irreversibles causados a la biosfera, fué necesario efectuar una reglamentación rigurosa en torno a la disposición de residuos en medios acuosos (ref. 28 y 29). Aún así este método es bastante utilizado en diversos países del orbe.

La disposición en aguas residuales tiene el inconveniente de que requiere de un consumo significativo de agua, además de la resistencia por parte del público a usarlo por tener que efectuar una inversión en el sistema de molienda y el eminente peligro de obstrucciones en el sistema de drenaje. En algunos países estos problemas son mínimos y el método se emplea con éxito.

2.4 RELLENO SANITARIO

Este método consiste en el enterramiento de las basuras por capas sucesivas compactándolas con maquinaria pesada al máximo posible para evitar los espacios vacíos, cubriéndola con una capa de tierra de aproximadamente 15 cms., la cual es compactada a su vez, hasta alcanzar una altura aproximada de dos metros. La cubierta final debe tener un espesor mínimo de 50 cms., con ello se logra someter la basura a una fermentación anaerobia, donde la exotermicidad del proceso produce altas temperaturas de 60 a 80°C que descomponen la materia orgánica y destruye los gérmenes patógenos.

La descomposición de las basuras produce ciertos lixiviados que al escurrirse pueden encontrar a su paso mantos freáticos y ocasionar problemas de contaminación, por lo cual se toman las precauciones necesarias en lo que respecta a un drenaje apropiado para evitar la percolación de los lixiviados y permitir su desalojamiento.

Además la fermentación anaerobia de los residuos genera algunas sustancias gaseosas como el bióxido de carbono y metano que al quedar atrapado puede incendiarse y crear un sinnúmero de problemas, por lo cual generalmente se instala un sistema de ventilación para permitir que los gases sean exhalados al exterior, solucionándose así este problema y en algunos casos puede ser factible la industrialización de estos gases como ejemplo de ello puede citarse el caso de california (ref. 30).

Las basuras así estabilizadas tienen un asentamiento que puede ser hasta de un 20 % en dos años época en la cual el asentamiento es nulo. Los terrenos donde se han efectuado rellenos sirven para edificaciones de poco peso, campos deportivos parques y jardines recreativos.

Este método es quizás el más eficiente y económico de todos los sanitariamente aceptables. No obstante, a fin de obtener los resultados deseables, esta operación debe ser planteada y dirigida con sumo cuidado. Su desarrollo debe contemplar principalmente los siguientes estudios:

- 1o. Topográficos del terreno.
- 2o. Geológicos tipo de suelo manejabilidad.
- 3o. Geohidrológicos, climatológicos, vientos dominantes, predicciones de lluvias, variaciones de temperaturas, registro de precipitaciones en el área.

- 4o. Disponibilidad de los servicios necesarios como son; abastecimiento de agua, drenaje sanitario y pluvial; vías de comunicación, etc.
- 5o. Capacidad de recepción, la cual en promedio se estima en 1/2 ha/10 000 hab./año para una profundidad media de 1.80 mts. de basura compactada (ref. 31).

En el país, este método es usado en muy bajo porcentaje en comparación con "tiradero a cielo abierto", para tal efecto se emplean diferentes sistemas de los cuales citaremos a continuación algunos de los más importantes, las figuras 4.1 y 4.2 ilustran gráficamente ciertos aspectos de los mismos.

2.4 Métodos de relleno sanitario.

2.4.1 Método de área.

Este método es usado cuando se tiene taludes naturales, excavaciones para bancos de material, niveles de aguas freáticas alto o formado por taludes artificiales. Los residuos son depositados en la base del talud y colocado en capas de 60 cm., para luego compactarlos y cubrirlos con tierra que puede ser obtenida en el mismo sitio o traída de otro lugar.

2.4.2 Método de zanjas.

Es utilizado cuando no se tienen problemas con el nivel

freático, es una excavación en la cual la basura es depositada y compactada para luego cubrirla con una capa de tierra, que por lo regular es la tierra de excavación de la misma zanja. El ancho mínimo de la zanja es del doble del tractor en operación.

2.4.3 Método combinado.

Es una combinación de los dos métodos anteriores.

En términos generales se establece que un relleno sanitario puede llevarse a cabo en terrenos donde los mantos freáticos estén a niveles inferiores a los 1.8 m y que el tipo de suelo no sea permeable.

Es preferible utilizar sitios donde el suelo es arenoso con un contenido de 50 % a 60 % de arena (ref. 31). En terrenos puramente arcillosos suelen presentarse resquebrajamientos, ya que la cubierta arcillosa de la capa de basura se agrietan existiendo la posibilidad de dar acceso a moscas, ratas y otros roedores y además se exhalan gases y olores en forma incontrolada.

Los terrenos estrictamente arenosos requieren capas de recubrimientos mayores y de una planeación más estricta del sistema de drenaje.

Ventajas y desventajas de los diversos sistemas de relleno sanitario.

2.4.1 Método de área.

a) Puede adaptarse a grandes volúmenes de operación.

- b) Los problemas por niveles freáticos son mínimos.
- c) En ciertos casos presentan problemas de acceso en tiempo de lluvias.

2.4.2 Método de zanja.

- a) Existe la posibilidad de obtener el material de cubierta del sitio mismo.
- b) Puede ser operado con mínimo tamaño de frente de operación.
- c) Es posible diseñarlo para un drenaje óptimo durante la operación del relleno.
- d) En tiempo de lluvias la operación puede efectuarse eficientemente.

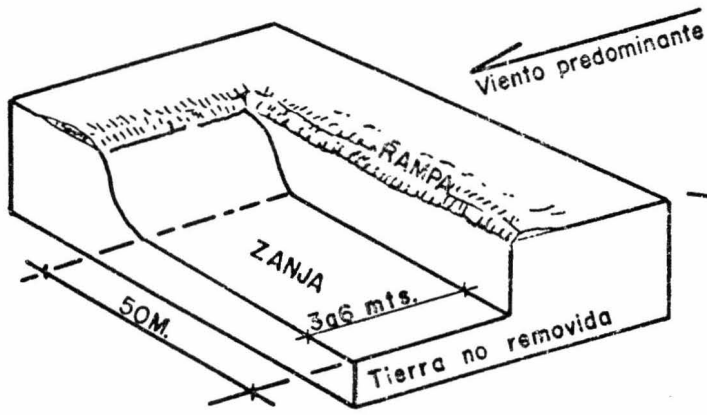
Ventajas

- a) Es económico tanto en costos iniciales como de operación.
- b) Es flexible y puede adaptarse a cualquier tipo o tamaño de población.
- c) Elimina criaderos de insectos y roedores como, moscas y ratas.

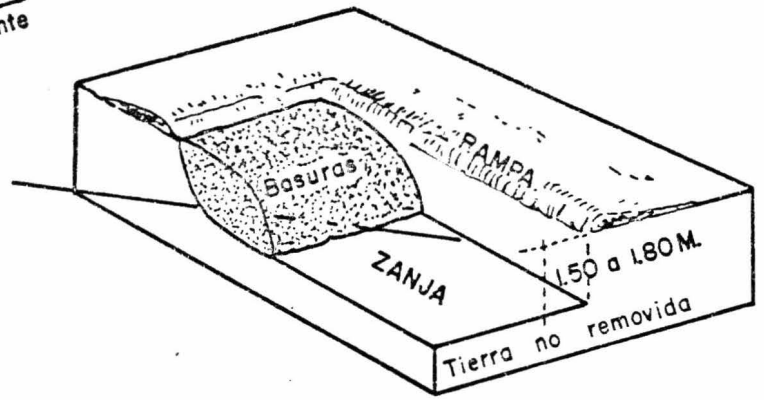
- d) Acepta todo tipo de basuras por lo que su disposición es completa.
- e) Es fácilmente organizable y controlable.
- f) Recobra terrenos sin utilidad y los valoriza para ciertos usos, por lo cual, es una excelente fórmula para elevar la plusvalía de dichos predios.
- g) Es un método sanitariamente aceptado.

Desventajas

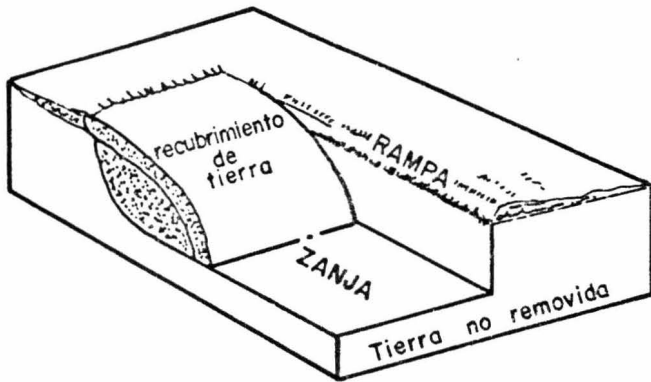
- a) Hecho impropio causa grietas en el terreno que dificultan el transporte y causan erosión.
- b) El terreno rellenado no sirve para construcciones pesadas.
- c) La percolación de los lixiviados puede polucionar las fuentes subterráneas o superficiales del agua.
- d) Las grietas o excavaciones en estos rellenos que se presenten o efectúen antes de la descomposición total, causan molestias sanitarias debidas a gases y malos olores.
- e) Los gases de descomposición pueden afectar, los cimientos de las edificaciones construidas en el relleno cuando se hacen antes de la estabilización final.



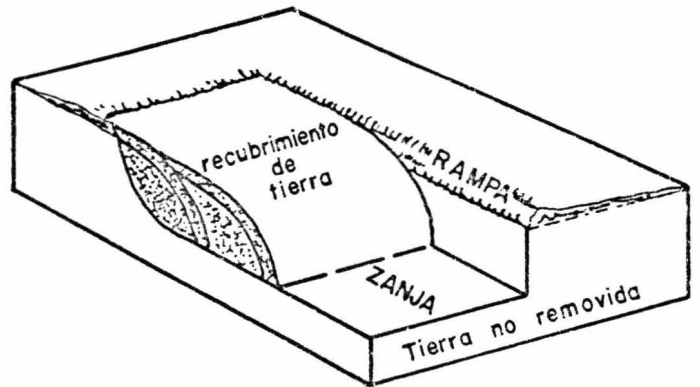
1. Se abre la primera zanja



2. Se compacta la basura formando la primera celda

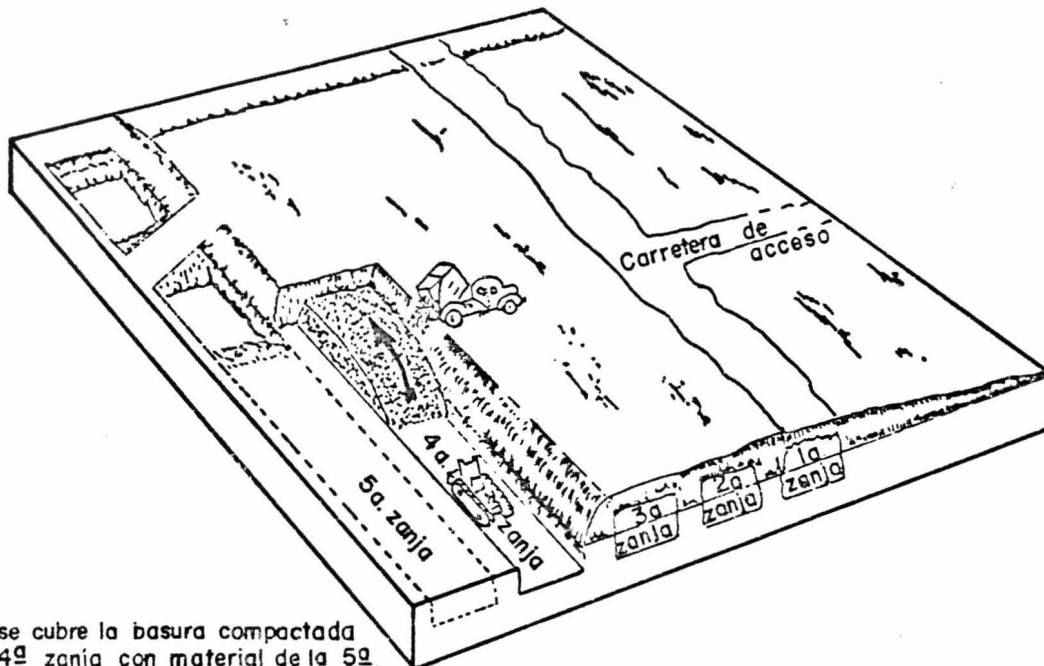


3. Se cubre de tierra la primera celda



4. Se compacta y cubre de tierra la segunda celda.

ETAPAS PARA LA CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO.



Como se cubre la basura compactada de la 4ª zanja con material de la 5ª.

FIG. 2-1 CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO.

- f) No se aprovechan los subproductos y la materia orgánica de los residuos.

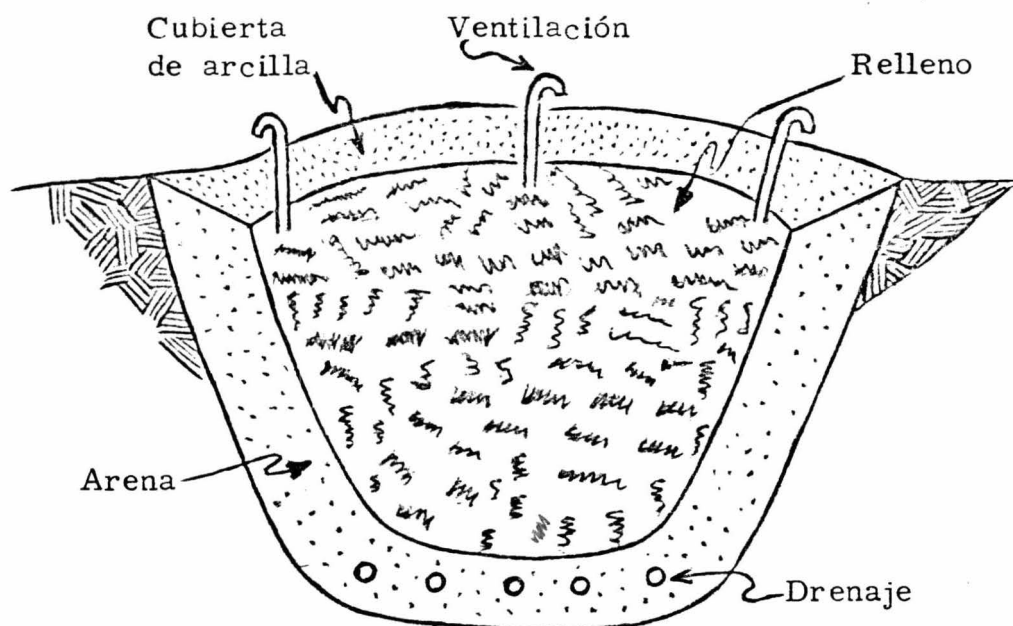


Fig. 2-2 . Corte de una celda de un relleno sanitario en el cual se ha instalado un sistema de control.

2.5 INCINERACION

La incineración es un proceso de combustión controlado, consiste en quemar las basuras en incineradores específicamente diseñados para ello, generalmente se realiza una separación previa de los materiales no combustibles. El resto de los residuos se transforman mediante la acción del calor en sustancias más simples como son: vapor de agua, gases, cenizas, generándose energía calorífica y propiciándose una reducción considerable del volumen inicial de las basuras aproximadamente del 80 al 90 % de los residuos alimentados. (Ref.32).

El uso del equipo diseñado específicamente para realizar esta operación data de hace 100 años aproximadamente. En un principio el proceso era deficiente, las bajas temperaturas empleadas y el alto porcentaje de humedad con que se introducían los residuos sólidos a los incineradores propiciaban que la combustión fuera ineficiente y acompañada del desprendimiento de humos y malos olores.

Posteriormente se fue sofisticando el diseño de equipo con innovaciones como: alimentación continua, almacenamiento mecánico, molienda previa de las basuras, incorporación de cámaras de precalentamiento, remoción de cenizas control de la contaminación atmosférica, etc., lo que ha mejorado la eficiencia y disminuido los costos de operación en relación a los obtenidos en los albores del proceso de incineración.

No obstante lo anterior el proceso resulta extremadamente oneroso tanto en sus inversiones iniciales como en sus costos de operación en relación a otros sistemas de disposición.

El proceso podría denominarse como de reducción de volumen ya que de todos modos hay que disponer de las cenizas y materiales incombustibles mediante un relleno sanitario apropiado.

Consideraciones técnicas

Normalmente las basuras contienen un alto porcentaje de humedad y por consiguiente su poder calorífico es bajo. Si este tipo de basura se somete directamente a incineración el producto resultante llamado "CLINKER" es un polvo muy fino que arrastrado por los humos a través de la chimenea se extiende a los alrededores ocasionando molestias sanitarias debido a polvos y malos olores, por lo que a fin de oxidar la materia orgánica se requieren altas temperaturas.

El "CLINKER" se evita reduciendo la humedad en cámaras de precalentamiento y las temperaturas deben ser superiores a 750°C. Se ha demostrado que basuras con una composición del 80 % de desperdicios de cocina y 20 % de residuos no necesitan la adición de combustible para su incineración, si el aire es precalentado a 150°C.

Si la composición es de 50 % y 40 % respectivamente, la combustión será satisfactoria sin precalentamiento de aire, aún en 50 % y 50 %. Con desperdicios por debajo de esas proporciones la combustión es ineficiente y se presenta el "CLINKER", malos olores y se hace necesario el empleo de un combustible adicional.

Se ha intentado también aprovechar el calor de combustión de los residuos sólidos para la generación de vapor, el cual a su vez puede ser empleado en cualquier tipo de calentamiento en industrias cercanas o bien para generar energía eléctrica, esta operación puede ser factible en instalaciones de más de 500 ton/día (Ref. 33). En la fig. No. 2-3 se ilustra un diagrama del proceso.

Ventajas

- a) Reduce el material combustible a cenizas.
- b) Elimina criaderos de insectos y ratas.
- c) Reduce los costos y las distancias de transporte.
- d) Púee construírse en áreas urbanas y sub-urbanas, incrementando la eficiencia del sistema de recolección.
- e) La generación de energía calorífica puede ser una fuente de recursos.

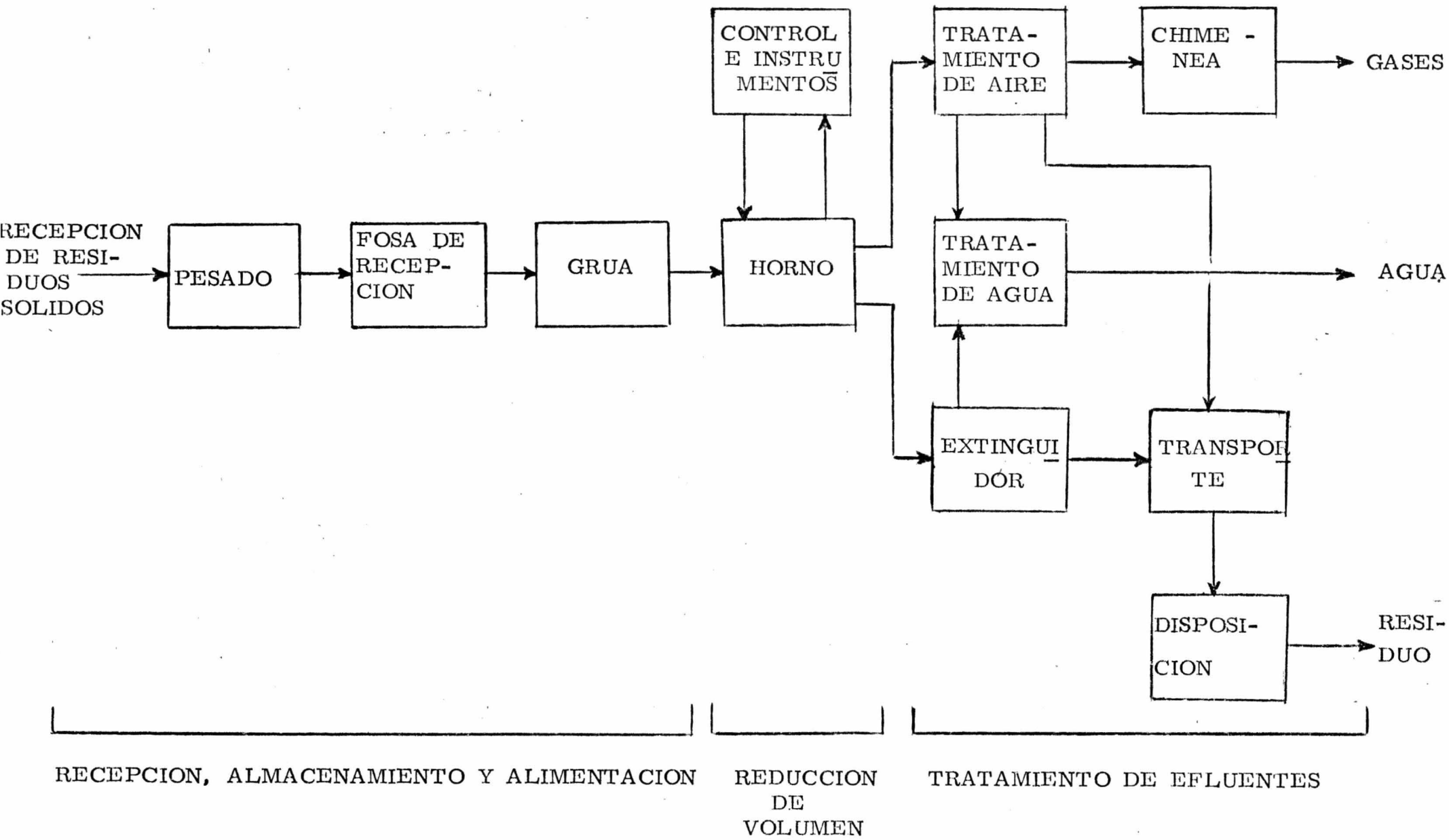


Fig. 2-3.- Diagrama del proceso de incineración.

- f) Es un método sanitariamente aceptado.

Desventajas

- a) Costos elevados de construcción, operación y mantenimiento.
- b) No es flexible a fin de mantener el ritmo de crecimiento de la población por lo que requiere de sobre diseño.
- c) Requiere de métodos complementarios para disponer del total de las basuras.

2.6 PIROLISIS

La pirolisis o destilación destructiva, es una técnica de disposición que considera los residuos sólidos como un recurso disponible y susceptible de aprovechamiento. Se define como un proceso en el cual la materia orgánica sufre transformaciones por la acción del calor en ausencia de oxígeno.

El método consiste en someter los residuos a una combustión parcial a altas temperaturas (de 540 a 1095°C) en una atmósfera inerte, generalmente nitrógeno (Ref. 34).

La pirolisis de los residuos sólidos es semejante a una desti-

lación y como tal es un proceso endotérmico en el cual las altas temperaturas y la falta de oxígeno propicia el rompimiento de los enlaces físicos y químicos de la materia, generándose tres tipos de componentes en tres fases diferentes que son:

- a) Gaseosa, constituida principalmente por hidrógeno, metano, monóxido y bióxido de carbono.
- b) Líquida, a temperatura ambiente, formada por productos orgánicos como: acetona, ácido acético, metanol, etc.
- c) Sólida integrada por carbono con un alto grado de pureza y algunos inertes que intervienen en el proceso como; metales, rocas y vidrios.

El proceso pirolítico se inició aplicándose al aserrín en un lecho fluidizado a 250 - 380°C, obteniéndose ácido acético, metanol y otros productos a la salida de los gases. En una segunda etapa se operó a temperaturas más elevadas lográndose eliminar toda la materia orgánica residual y quedando carbono como producto pesado.

Posteriormente se realizaron modificaciones al proceso con el objeto de separar fraccionadamente la fase gaseosa, dichas innovaciones consistieron en; un condensador enfriado por agua, una trampa de niebla, dos recipientes llenos de carbón activado para la recuperación de los vapores solventes los que se retiraban por desorción bajo la

influencia de calor y vacío seguido de condensación en una trampa enfriada con metil, etil, cetona y hielo seco.

Existe además el precedente de un proceso pirolítico aplicado a los residuos sólidos urbanos en la Ciudad de San Diego, donde los aceites pesados fueron condensados al salir del reactor en una trampa de aceites pesados, las fracciones más ligeras se recogieron en condensadores enfriados por hielo seco y cetona. Los gases se atraparon en sacos y su análisis por cromatografía reveló la presencia de monóxido y bióxido de carbono, metano, etano y etileno. El residuo inerte probó ser estéril y parece ser apropiado para material de relleno.

Ventajas

- a) Vislumbra la posibilidad de obtener una fuente de recursos a partir de las basuras.
- b) Produce diversos productos de valor comercial.
- c) Genera una fuente de trabajo.
- d) Disminuye los problemas de contaminación ambiental.
- e) Puede construirse en áreas urbanas y sub-urbanas.
- f) Disminuye los tiempos y costos de transporte con lo cual se puede incrementar la eficiencia en el sistema de recolección.

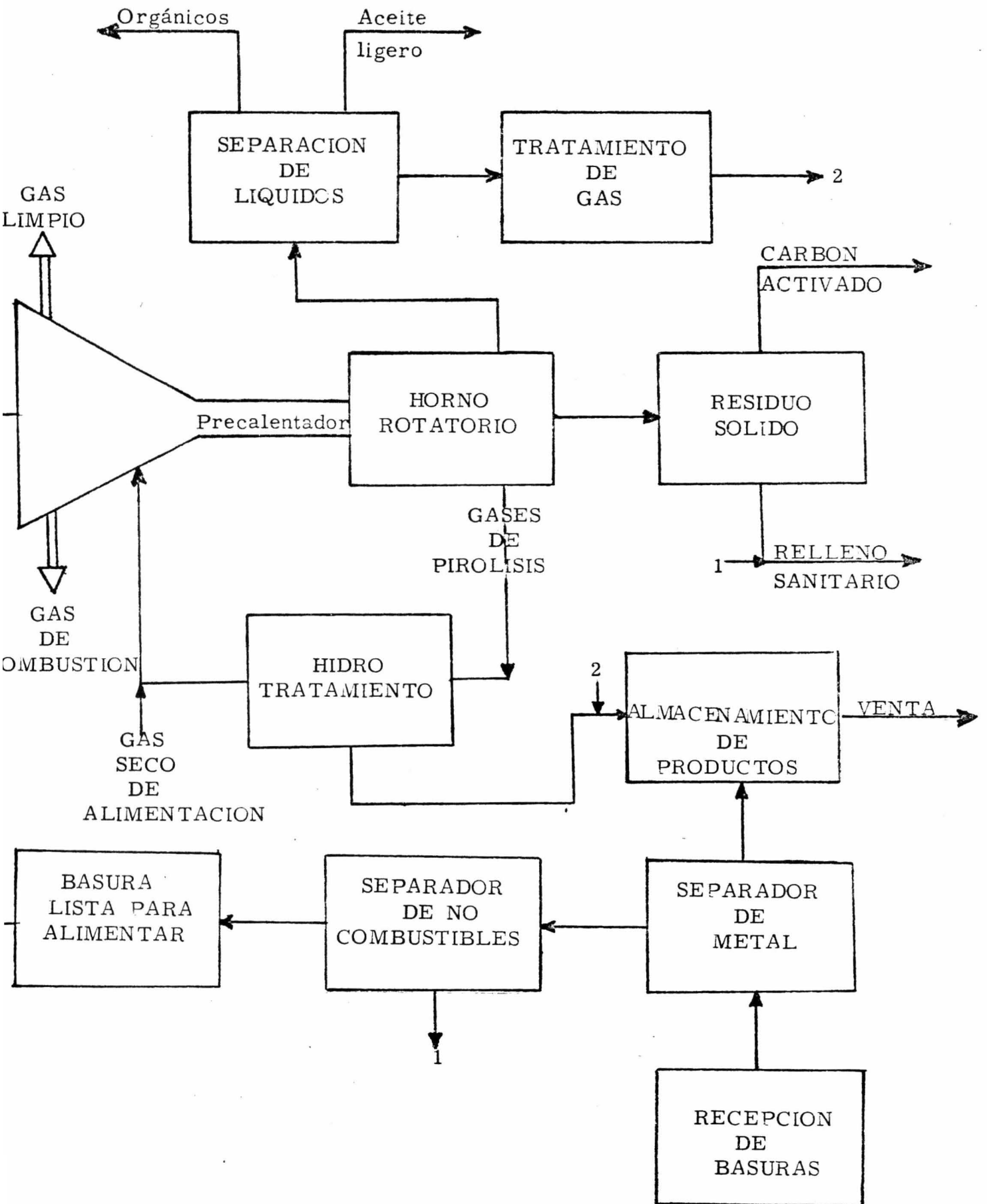


fig. 2.4 Diagrama de flujo del proceso de Pirolisis

Desventajas

- a) Costos elevados de inversión, operación y mantenimiento.
- b) Es poco flexible para mantener el ritmo de crecimiento de la población, por lo que requiere de sobre diseño.
- c) Solamente procesa una parte de las basuras y requiere de métodos complementarios.
- d) Existe poca experiencia a nivel industrial en el campo de los residuos sólidos.

2.7 HIDROLISIS

El proceso consiste básicamente en someter la materia orgánica a elevadas temperaturas de (135 a 195°C) en una solución acuosa que puede ser un ácido de 5% a 60% Be aproximadamente o una base fuerte en un digestor estacionario, para convertir los materiales celulósicos en azúcares fermentables.

La materia orgánica que se encuentra presente en un alto porcentaje en las basuras urbanas, está constituida principalmente por tres componentes que son: celulosa, hemicelulosa y lignina, mismos que pueden ser convertidos por hidrolisis en carbohidratos simples algunos de los cuales pueden ser fermentados para la producción industrial de alcohol, ácido cítrico forraje para animales y hasta proteínas para la alimentación humana.

Ventajas

- a) Genera una fuente de trabajo.
- b) Se obtienen diversos productos de valor comercial.
- c) Los subproductos se reincorporan más fácilmente a los diferentes procesos, industriales y biológicos.
- d) Reduce los tiempos y costos de transporte.
- e) Incrementa la eficiencia del sistema de recolección.
- f) Puede construirse en áreas tanto urbanas como suburbanas.
- g) Disminuye los problemas de contaminación ambiental.

Desventajas

- a) Elevados costos de inversión, operación y mantenimiento.
- b) Poco flexible para adaptarse al ritmo de crecimiento de la generación de basuras.
- c) Requiere de sobre diseño.
- d) Acepta solamente una parte de las basuras.
- e) En este campo no existe experiencia a nivel industrial.

La aplicación del proceso de hidrolítico data de principios de siglo e inicialmente se aplicó para hidrolizar la madera en la obtención del alcohol. Al respecto se han desarrollado diversas técnicas las cuales alcanzaron gran auge principalmente durante la segunda guerra mundial (Proceso Madison).

En base a esta experiencia y al alto contenido de celulosa en los residuos sólidos (basuras), se dislumbró la posibilidad de someter estos a una hidrólisis, lo que motivó la realización de diversas actividades al respecto.

Un estudio teórico referente a la producción de etanol a partir de las basuras urbanas (ref. 35) reportó bajos costos, cuando los materiales celulósicos contenidos en dichos materiales son del 60 %.

La obtención de proteínas por medio de la hidrólisis, es una alternativa de grandes posibilidades dado que vendría a contribuir grandemente a solventar los problemas de alimentación en el orbe.

Para la obtención de proteínas por medio de la hidrólisis se emplean unas bacterias llamadas "Candida Utiles" las cuales requieren de condiciones especiales para sintetizar las proteínas (ref. 35), al respecto existe un estudio a nivel experimental efectuado en la Universidad de California E.E.U.U.. En algunas otras partes del mundo se han obtenido algunos éxitos en relación a este tópico.

No obstante esto la aplicación de la hidrólisis de las basuras urbanas, aún no alcanza la etapa de aplicación a nivel industrial.

2.8 OBTENCION DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION

Este sistema de disposición, consiste fundamentalmente en compactar las basuras mediante la aplicación de altas presiones, para obtener materiales que por sus características puedan emplearse en la industria de la construcción como son: ladrillos, tabiques, paneles, etc.

La presión y la temperatura a que se someten las basuras durante el proceso destruyen los microorganismos y eliminan los malos olores.

Ventajas

- a) Genera una fuente de trabajo.
- b) Se pueden obtener diferentes productos que ayudarían a resolver los problemas de habitación.
- c) Coadyuva a solventar los problemas de contaminación ambiental.

Desventajas

- a) No existe suficiente experiencia a nivel industrial.

Esta es una técnica incipiente en la disposición de los residuos sólidos, al respecto existen diversos estudios a nivel experimental tendientes a obtener materiales utilizables en la industria de la construcción, a partir de las basuras urbanas (Ref. 36).

Uno de los procesos mencionados básicamente consistió en lo siguiente:

- a) Separar algunos materiales de la basura como: fierro, lata, etc.
- b) Moler a un diámetro de partícula adecuado el resto de la basura y mezclarla hasta homogenizarla.
- c) Proporcionarle durante cierto tiempo las condiciones de presión y temperatura óptimas para permitir que las sustancias aglutinantes presentes en las basuras actúen para formar un conglomerado, cuya forma y dimensiones son una función del molde empleado.

Se logró obtener un material en buenas condiciones con características semejantes al ladrillo común, en cuanto a la resistencia por compresión y con algunas propiedades análogas a la fibra de vidrio.

Una de las variantes de este proceso consiste en unir las basuras molidas mediante adhesivos, a la vez que se le adicionan sustancias químicas para mejorar las propiedades de dicho material, estas sustancias pueden consistir en agentes antioxidantes, antinflama, impermeabilizantes, colorantes, etc.

2.9 FABRICACION DE ALIMENTOS PARA GANADO

Este método consiste fundamentalmente en separar de las basuras urbanas la gran cantidad de residuos alimenticios como desechos de comida, frutas y legumbres, etc. que en ellas existen, para emplearlos en la alimentación animal.

Una vez separados los residuos pueden suministrarse como alimento a los animales en forma cruda o bien después de someterlos a un tratamiento, el cual puede consistir en una simple cocción o bien en una pasteurización.

El objetivo del método estriba en aprovechar la gran capacidad de transformación que poseen muchos animales, por ejemplo: el cerdo para convertir la fuente de materia prima que representan dichos residuos en productos útiles al hombre a un bajo costo.

Ventajas

- a) Posible fuente de recursos.
- b) Generación de empleos
- c) Contribuye a resolver los problemas de contaminación ambiental y de alimentación de ganado.
- d) Se puede establecer en áreas urbanas y sub-urbanas.
- e) Reduce los costos y las distancias de transporte y puede incrementar la eficiencia del sistema de recolección.

Desventajas

- a) Costos relativamente elevados de inversión operación y mantenimiento.
- b) Solamente acepta una parte de las basuras y requiere de métodos complementarios de disposición.
- c) El peligro constante de la propagación de enfermedades y epidemias.
- d) Requiere equipo de transporte especial.

Este método de disposición puede considerarse como uno de los más antiguos que se conocen. Es considerado como un sistema de disposición parcial de las basuras, ya que básicamente está enfocado a la disposición de residuos alimenticios como: materiales de cocina, frutas, legumbres, etc.

En tiempos de la colonia, cuando las basuras estaban constituidas en su mayor parte por desechos de cocina, la disposición de los mismos se realizaba mediante cerdos en libertad que los consumían. Con el paso de los años ha disminuido considerablemente el empleo de este sistema de disposición y son pocas las entidades donde se utiliza, como ejemplo puede citarse República Dominicana, donde se tiene aproximadamente 600 cerdos en el tiradero los cuales se alimentan únicamente con las basuras.

En comparación con las diversas técnicas sanitarias actuales ésto puede parecer inoperante.

No obstante es un buen método de disposición sobre todo en aquellos sitios donde hay separación de basuras, aunque si bien entraña ciertos peligros para la propagación de la triquinosis y otras enfermedades, como ejemplo de ello se puede citar la epidemia suscitada en EE.UU. en 1953-1955 (Ref. 37). Además de crear condiciones insanitarias y propicias para el crecimiento de insectos y roedores.

A fin de reducir al mínimo posible los inconvenientes antes citados, los residuos deben cocerse previamente a la temperatura de ebullición durante treinta minutos o pasteurizar ya que la cocción disminuye considerablemente el valor alimenticio de ciertos desperdicios. Los cerdos únicamente recibirán este tipo de alimento nunca crudo.

Un cerdo consume aproximadamente 9 kg de residuos por día y ganaría alrededor de 0.450 kg de peso, pero se hace necesario computar 18 kg de residuos/cerdo/día, ya que el resto se desperdicia (Ref. 38). En la aplicación de este sistema debe considerarse además del equipo de pasteurización los siguientes factores:

- a) El transporte de los residuos debe realizarse en carros especiales cerrados herméticamente.
- b) El almacenamiento debe ser a prueba de insectos y roedores.
- c) La necesidad de establecer un control sobre los recipientes de alimentación.
- d) Se requiere de un sistema complementario de disposición final para los sobrantes.

Bajo las anteriores condiciones y considerando el aprovechamiento que se hace de los residuos este puede ser un sistema de disposición relativamente económico, aunque si bien es necesario recalcar su limitación para disponer exclusivamente de una parte de las basuras.

2.10 COMPOSTEO

El proceso consiste en tratar técnicamente los residuos sólidos separando de las basuras los subproductos que tienen cierto valor comercial y aquellos materiales considerados de rechazo como son los provenientes de la industria de la construcción.

Una vez realizada esta operación el resto de la basura es molida y sometida a un proceso de fermentación controlada, con el fin de lograr que la materia se estabilice y obtener como producto fi-

nal una sustancia cuya apariencia física es semejante a la tierra de ho-
ja, que por su alto contenido de materia orgánica se emplea como abo-
no.

Ventajas

- a) Permite reincorporar gran cantidad de subproductos a los diversos procesos industriales.
- b) Contribuye a la conservación de los recursos naturales.
- c) Reincorpora parte de las basuras al ciclo biológico en un tiempo relativamente corto.
- d) Ayuda a resolver los problemas de la fertilización de las tierras de cultivo.
- e) Coadyuva a incrementar la producción agrícola.
- f) Genera una fuente de trabajo.
- g) Disminuye los problemas de contaminación ambiental.

Desventajas

- a) Requiere grandes inversiones.
- b) Elevados costos de operación y mantenimiento.
- c) Procesa solamente una parte de las basuras.
- d) Se necesitan grandes extensiones de terreno.
- e) Requiere de sobre diseño.
- f) Es necesario usar métodos complementarios como son la incineración y el relleno sanitario.

El inicio de esta técnica se atribuye a Howard, quien por los años de 1920 a 1925 realizó en la India importantes trabajos al respecto, dicho proceso se conoce con el nombre de "indore". Surgió con la utilización de estiércoles a los que posteriormente se agregaron lodos de aguas negras, excrementos humanos, paja y hojarascas.

Estos materiales se acumulaban en pilas de 1.5 m de altura, aproximadamente 2 m de ancho y una longitud variable. La masa se volteaba un par de veces y el proceso se efectuaba en un mínimo de seis meses.

Desde hace muchos años en Holanda se ha utilizado un sistema de transformación por medio de fosas escalonadas intercomunicadas entre sí con tuberías. Este proceso consiste en llenar todas las fosas con basuras, verter agua en la primera hasta el punto de derrame, después de varios días circular el agua a la segunda fosa y así sucesivamente hasta completar el ciclo cerrado. El sistema es lento y anaerobio persistiendo condiciones insanitarias porque las temperaturas no son satisfactorias.

Diversos investigadores pretendiendo acelerar el sistema Indore introdujeron a este proceso la molienda y la aplicación controlada de agua para regular la temperatura y la humedad, posteriormente la mecanización y el tratamiento sanitario de los materiales.

Posiblemente uno de los procesos mas conocidos sea el desarrollado por el Dr. Giovanni Beccari, en Florencia, Italia a partir de 1922, conocido como proceso "Beccari" y que consiste en una celda de concreto o mampostería que se carga por la parte superior y se cierra herméticamente. La etapa inicial es anaerobia, posteriormente mediante unas ventilas se permite la entrada de aire lográndose una segunda etapa parcialmente aerobia.

En el año 1931, Bordas introdujo al proceso Beccari aire forzado a través de un tubo central a lo largo de las paredes del silo de fermentación para eliminar la etapa anaerobia reduciendo al tiempo requerido para el proceso, la producción de malos olores y mejorando la calidad del producto obtenido. Otra característica es una mampara que divide el silo en dos pisos.

Alrededor del año 1952 surgió el proceso "Dano" cuya parte medular consiste en un "bioestabilizador" que es un gran cilindro que gira lentamente y se encuentra un poco inclinado respecto de la horizontal (ref. 39). La aereación se realiza por chiflones a lo largo del cilindro.

El proceso Dano fue modificado por el Base, introduciendo parcialmente el cilindro en un depósito de agua de precalentamiento.

Posteriormente se multiplicaron los procesos y las innovaciones se sucedieron frecuentemente, no obstante esto los procesos pueden agruparse en tres tipos que son:

- a) El que se define como proceso de pilas.
- b) El que adopta distintos tipos de digestores.
- c) El grupo mixto.

Dentro de este contexto pueden citarse los siguientes procesos Door oliver; John Thompson; Naturizer; Lansign; Crane; Hardy; Vickers; Triga; Jersey; Bio Tank; Donfix; Simon; Lawden; Calais; Prat; Fermancreen, Eweson; Carel Fouche; Boggiano; Rotereo, etc.

Como ya se mencionó anteriormente, todos son variantes de los grandes grupos; ya sea en el tratamiento de los materiales para su trituración; cernidos previos en el inter o al final del proceso, aplicación natural o forzada de aire. Es conveniente hacer notar que ninguno utiliza microorganismos específicos para la transformación rápida, dejando a las razas nativas de las basuras la labor microbiológica.

Además es indispensable hacer referencia en forma especial al proceso patentado por el Dr. George H. Earp Thomas, el cual lleva su nombre. Es un proceso de bioconversión rápida de los residuos sólidos en un digestor de flujo continuo, empleando para ello un lapso de 24 horas.

Los resultados obtenidos en las fábricas existentes indican que: la alta mecanización del proceso, el desarrollo integral de to-

das las operaciones, el estricto cumplimiento de todas las exigencias de orden higiénico, la rapidez del ciclo de trabajo que ofrece un producto perfectamente acabado, el rendimiento operativo del conjunto, la posibilidad de guiar y controlar la fermentación del material para garantizar la obtención constante de un producto de óptima calidad son las principales cualidades del proceso Earp Thomas.

Las tres fases más importantes del proceso pueden resumirse en la forma siguiente:

- a) La transformación de los residuos sólidos en composta en término de 24 horas mediante el uso de un digestor y la inoculación de bacterias como medio de aceleración, como ejemplo pueden citarse las siguientes: Proteolíticas, aminolíticas, termofílicas, celulotíticas, etc.
- b) La adición de productos químicos al compost en las cantidades requeridas para elevar los valores nutrientes del mismo y satisfacer las fórmulas deseadas con el objeto de que estas sustancias vayan incorporadas al medio orgánico y se evite su pérdida por lixiviación o combinación en formas insolubles con el complejo del suelo.
- c) Una segunda inoculación de microorganismos útiles al suelo que proliferan en medio del compost, e intervienen en la transformación de los nutrientes a formas asimila-

bles por las plantas, en esta operación se incluyen entre otras las siguientes bacterias; Azotobacter, Beijerinck, Chroococcum, Vinlandi, Legume, Algas, Indicum, etc.

De esta manera entre los años 1920 a 1976 muchas plantas de compostificación de basuras fueron instaladas alrededor del mundo cubriendo prácticamente todos los continentes.

Muchas de estas plantas han venido operando con provecho y en forma continua por muchos años, mientras que otras (casi todas en E.E.U.U.) han fracasado. El éxito o el fracaso de las plantas se ha debido a diversos factores. Entre otros pueden citarse los siguientes:

La disponibilidad y el costo de la mano de obra, el control de calidad en la elaboración de la composta, el uso dado a la composta, su discutible valor como fertilizante, su precio, la disponibilidad y el costo de los fertilizantes inorgánicos y sobre todo la variabilidad del mercado para los productos y subproductos de las plantas.

Actualmente los proyectos de compostificación vienen siendo enfocados hacia los aspectos de transformación y recuperación de materiales, más que a el objetivo de producir un material con propiedades de mejorador de suelos.

Mas importante en este cambio de actitud es el convencimiento de que el fracaso de muchas empresas de procesadoras de basuras se debió al erroneo concepto inicial que presuponia que estas plantas serían una fuente de lucro (con base a la venta de la composta) para las municipalidades o contratistas.

Por lo anterior, es pertinente señalar que la compostificación de basuras, comprende muchos procesos y conceptos sujetos a discusión y muchos problemas de índole social, político y técnico. Como sería imposible discutir todos los problemas, operaciones y alternativas, solamente recalcaremos que estas instalaciones deberán plantearse como empresas de servicio y no de beneficio.

En el país existen actualmente cuatro plantas procesadoras de residuos sólidos las cuales operan en forma muy similar bajo los siguientes lineamientos.

Consideraciones técnicas

Los procesos unitarios de operación de una planta de composta son:

- a) Recepción, pesaje y almacenamiento de las basuras.
- b) Clasificación y preparación del material recuperado para su venta.
- c) Preparación del material composteable (reducción de tamaño).

- d) Descomposición o fermentación (regulación de la relación carbono-nitrógeno, humedad, aereación, temperatura, destrucción de gérmenes patógenos y control de la creación de insectos y roedores.
- e) Preparación del producto para el mercado, molienda fina y empaque.

Descripción del proceso

Recepción (pesaje)

El procesamiento de los residuos sólidos se inicia con la entrada de los camiones recolectores, a las instalaciones de la planta, donde deben ser pesados para llevar un control del tonelaje de basuras que se reciben para lo cual se requiere de una(s) báscula(s) de 30 a 50 ton. Las figs. 2.5 y 2.6 muestran los procesos unitarios, el diagrama de flujo y las operaciones donde se requiere suministro de energía.

Almacenamiento

Una vez realizada la operación de pesaje, los residuos son descargados en fosas de recepción, las cuales deben ser diseñadas para que almacenen las basuras tan rápido como se descarguen los camiones recolectores permitiendo un tiempo mínimo de descarga y una capacidad que admita los periodos de fluctuación en la cantidad del material.

Generalmente en la parte superior de la estructura que se encuentra sobre la(s) fosa(s) de recepción se desplaza longitudinalmente sobre rieles metálicos un carro puente formado por un carro de carga

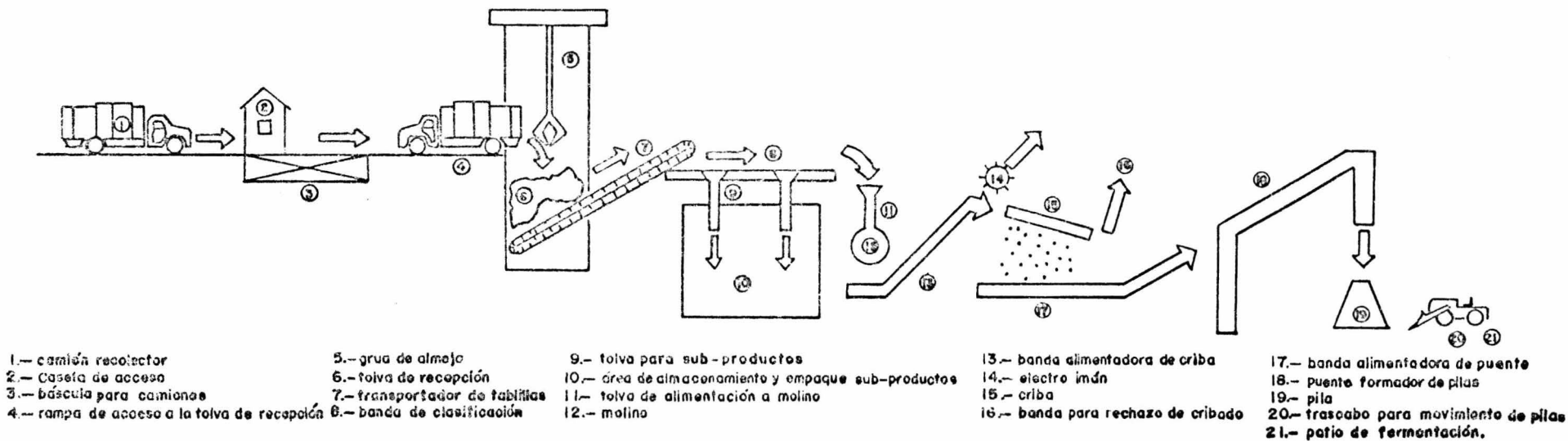


Fig. 2-5 diagrama de flujo del proceso principal de la planta industrializadora de desechos sólidos.

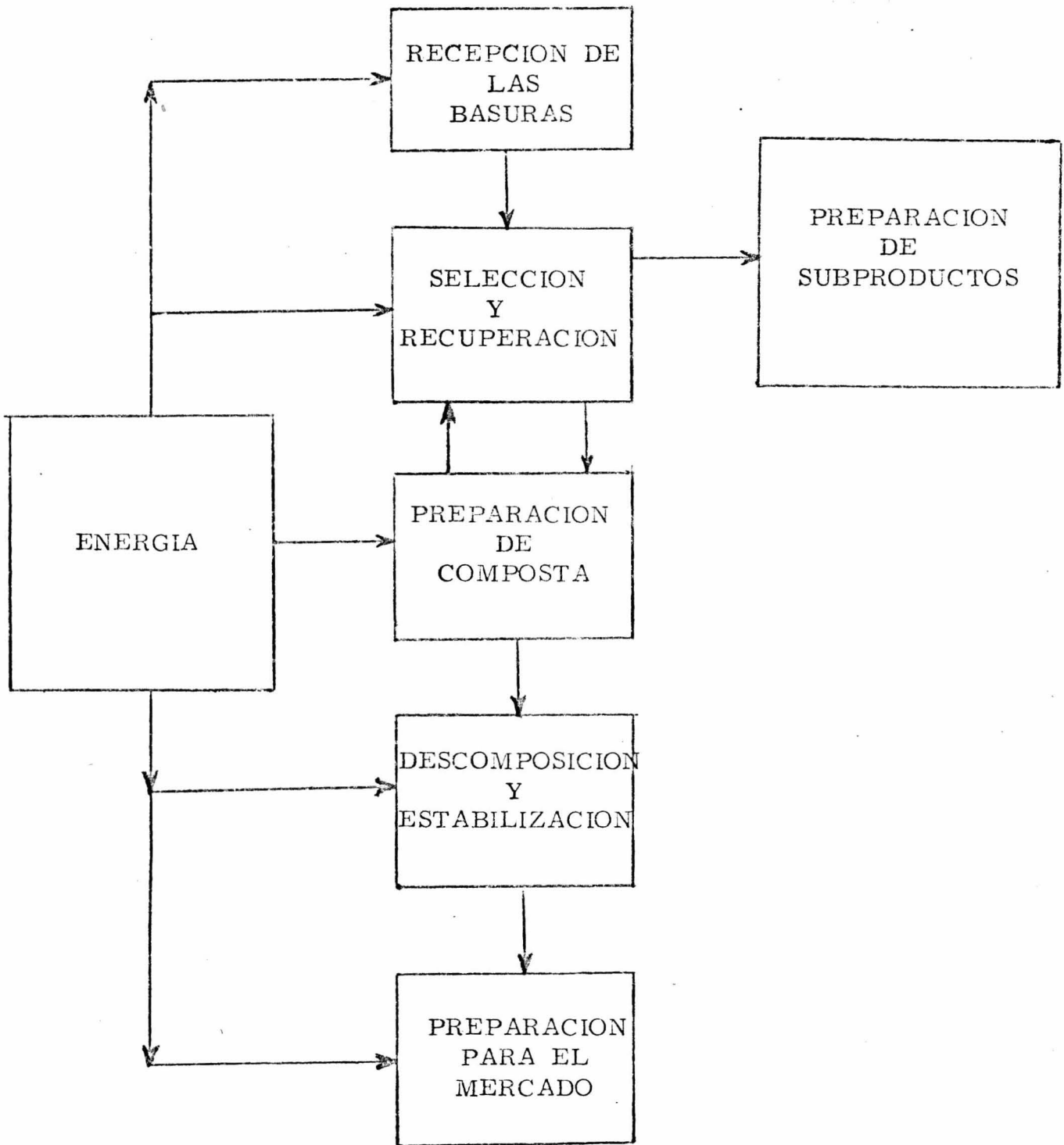


Fig. 2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL PROCESO DE COMPOSTEO.

con movimiento lateral y una grúa de almeja con movimiento vertical. Este carro puente es operado a control remoto en la propia zona de producción.

Tolvas de alimentación

Están situadas en la parte central de la estructura de las fosas de recepción. Constan de un fondo metálico móvil denominado transportador de tablillas en el cual se depositan los desechos sólidos para ser conducidos a las bandas de clasificación.

Bandas de selección

En ambos lados de las bandas ahuladas de clasificación se sitúa el personal que recupera y separa los subproductos (cartón, papel, trapo, vidrio, etc). los cuales son depositados en tolvas para ser transportados por medio de bandas a recipientes apropiados para su concentración y empaque. La recuperación de subproductos varía en el país de un 10 a 20 % según la calidad de las basuras. Además la separación de los subproductos puede efectuarse con dispositivos mecánicos por ejemplo la separación balística.

Molinos

Al final de las bandas de clasificación los residuos que no fueron retirados y que constituyen casi en su totalidad materia orgánica, son descargados por medio de tolvas a molinos de martillos con el objeto de homogenizar su tamaño.

La separación del material antes de llegar a la trituración

tiende a eliminar los residuos que en alguna forma puedan dañar el equipo de trituración y remover aquellos que sean indeseables. Generalmente esta operación se realiza mediante cribas que tamizan el material a un determinado diámetro de partícula.

Transportador de cadena (BKT)

Una vez triturados los residuos son transportados a la sección de cribado grueso mediante un transportador de cadena en el cual mediante un vibrador se desmenuzan y se extienden los residuos.

Electroimán

La materia desmenuzada pasa por un separador magnético en donde se separa el material ferroso el cual cae a una tolva para su posterior disposición.

Criba vibratoria

La materia orgánica que pasó por el tambor magnético cae a una criba vibratoria con mallas de cien m.m. donde es separado el material denominado de rechazo, que considerando promedio total corresponde a 10-15 % del material alimentado y es el único no reciclable y que debe eliminarse por medio de algunos de los otros métodos generalmente, incineración o relleno sanitario.

Banda de material orgánico

El material que pasó a través de la malla cae sobre esta banda la cual desemboca en una tolva donde se conduce el material por medio de un transportador de cadena hasta una banda aérea en cuyo extremo (cual

quiera de los dos) se sitúa un puente móvil que lo distribuye formando pilas con forma de camellones en el campo de prefermentación. La fig. 2-7 muestra un arreglo de las pilas con ciertas características.

Banda de rechazo

El material de rechazo proveniente de la criba vibratoria cae a través de una tolva en esta banda que lo transporta a la parte exterior del área de operación.

Campo de prefermentación

Ahí se inicia el proceso de fermentación aerobio generándose temperaturas de aproximadamente 70°C en las pilas de materia orgánica. Estas temperaturas aceleran la biodegradación y prácticamente eliminan el peligro que representan los microorganismos patógenos. Además de la temperatura es importante controlar la relación carbono-nitrógeno, la humedad, el oxígeno y el pH para un resultado óptimo del proceso. El tiempo promedio de permanencia de los residuos en este campo es de seis días.

Campo de fermentación

Con el objeto de proporcionar el oxígeno necesario para efectuar la oxidación de la materia orgánica, la masa es volteada al tiempo que se pasa del campo de prefermentación al de fermentación, esta operación puede realizarse en forma manual, o mediante un trascabo.

En esta etapa es de suma importancia el control de la humedad para ello se le reincorporan los lixiviados e incluso se le agrega agua con-

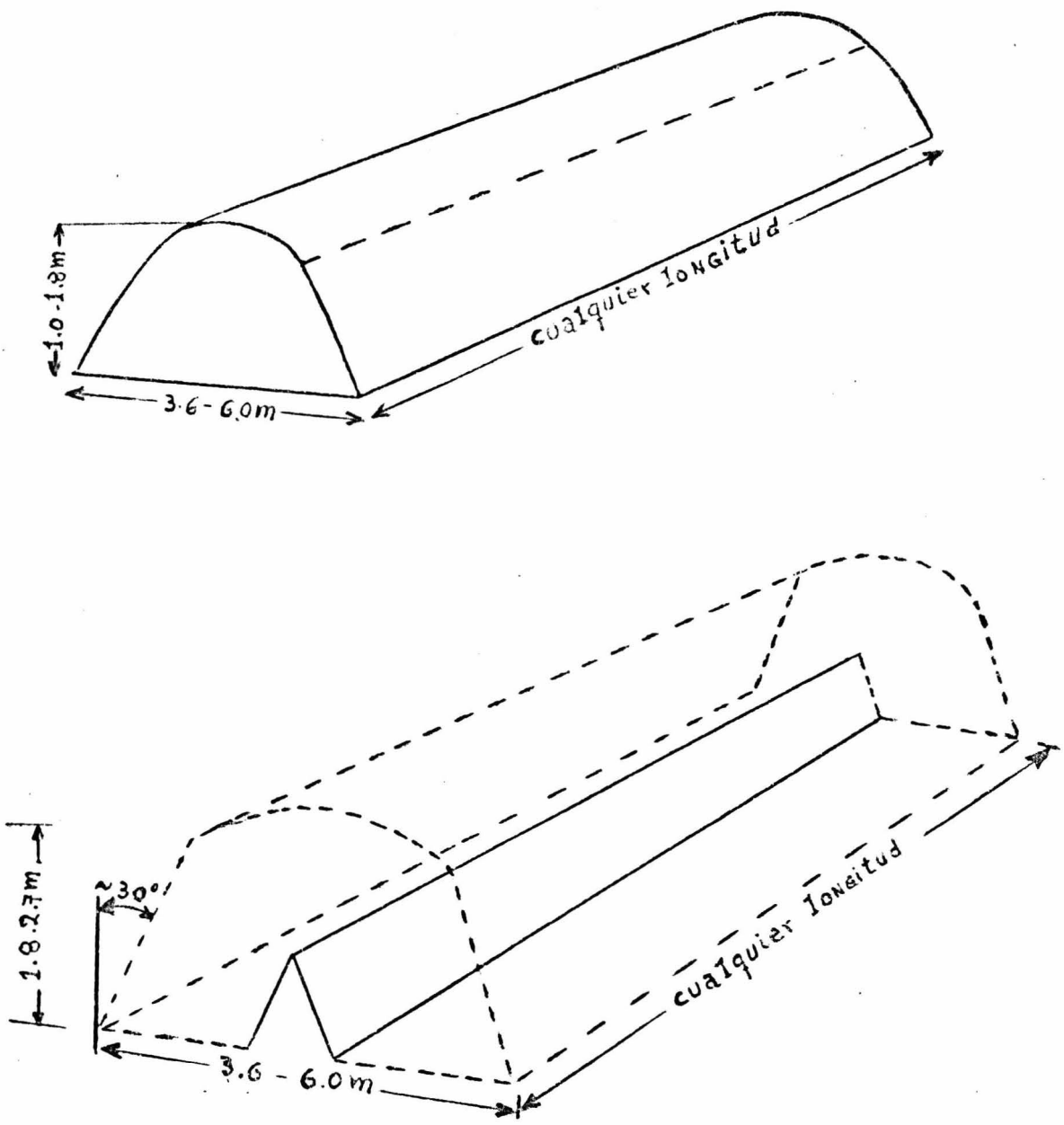


Fig. 2-7 Formas y características de los camellones

trolando además la temperatura. El tiempo que permanece el material en este campo es de veinte a treinta días.

Campo de maduración

Después de que la basura completa las etapas antes citadas se le traslada por medio de un trascabo a los campos de maduración donde al transcurso de dos meses completa su ciclo de degradación. Durante este tiempo es necesario controlar regularmente, la humedad, pH, oxígeno y la relación carbono-nitrógeno en cada una de las pilas. Una vez concluido el proceso de transformación el material recibe el nombre de compost.

Molienda fina y empaque

Como operación final se somete la composta a una molienda fina, el tamaño de partícula será de acuerdo a la aplicación que se le quiera dar al producto, para ello se pasa el material a través de un molino birrotor y luego se criba con una malla hasta de 3 m.m. de diámetro. Cerrándose el ciclo operativo con el empaque del producto cuando la demanda así lo requiera.

Ventajas

- a) Genera una fuente de trabajo.
- b) Permite la recuperación de gran cantidad de los subproductos presentes en las basuras contribuyendo así a la conservación de los recursos naturales.
- c) Se obtiene un producto que puede coadyuvar en la solución

de los problemas de fertilización y por lo tanto de la producción de alimentos.

- d) Ayuda a resolver los problemas de disposición y contaminación ocasionados por las basuras urbanas.
- e) Los ingresos obtenidos por la venta de los productos obtenidos en la planta, pueden llegar a subsanar las erogaciones ocasionadas por la inversión, así como en los gastos de operación y mantenimiento.

Desventajas

- a) Inversiones relativamente elevadas.
- b) Costos elevados de operación y mantenimiento.
- c) Acepta solamente una parte de las basuras por lo que requiere complementarse con otros métodos como incineración y relleno sanitario.
- d) Requiere de grandes extensiones de terreno.
- e) La poca aceptación que actualmente tiene la composta por parte de los agricultores en el país.
- f) La inestabilidad del mercado para los subproductos reciclables.

2.11 SISTEMAS COMBINADOS

Consisten en aplicar en forma simultánea varios métodos de disposición de residuos sólidos, con objeto de resolver en la forma más eficiente posible los problemas que presenta la disposición de las

basuras urbanas.

Ventajas

- a) Permite resolver íntegramente el problema de la disposición de basuras urbanas.
- b) Genera fuentes de trabajo.
- c) Disminuye considerablemente los problemas de contaminación ambiental.

Desventajas

- a) Requiere mayores inversiones.

Debido a que la mayoría de los métodos antes enunciados no logran proporcionar por sí solos una solución integral al problema de la disposición de las basuras urbanas, cada día es más común el empleo de combinaciones de diversos métodos para la disposición de los residuos sólidos, dentro de los más utilizados pueden citarse los siguientes: Reducción de volumen y disposición marina; reducción de volumen y relleno sanitario; incineración y relleno sanitario; composteo relleno sanitario e incineración; reciclaje o selección de subproductos y relleno sanitario.

Este último método básicamente consiste en la instalación de bandas de clasificación para efectuar una pepena o recuperación técnica de los subproductos que tienen cierto valor comercial y el resto de las basuras constituido básicamente por material de rechazo y material orgánico eliminarlo mediante un relleno sanitario.

2.12 DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS MEDIANTE REDUCCION

Este método consiste en la recuperación de las grasas existentes en una parte de las basuras, para reutilizarla en diversos procesos industriales como son: la fabricación de glicerinas, espermias y jabones, a este proceso se le ha llamado Reducción.

Al respecto se utilizan dos sistemas generales a saber:

2.12.1 Secado; el cual consiste en moler los residuos y secarlos por medio de calor. Los sólidos secos se colocan en tanques y se tratan con solventes como; gasolina, eter, etano, etc., con el objeto de extraerles las grasas, el líquido resultante se destila posteriormente.

2.12.2 Cocción: consiste en colocar las basuras en recipientes en donde se cuecen, el líquido obtenido se recupera y de él se extraen las grasas por separación los residuos sólidos se secan y se utilizan como fertilizante.

Existen numerosos sistemas representativos de los métodos enunciados, por ejemplo: El método Merz desarrollado en 1886 que utiliza el secado y los sistemas; Arnold, Chamberlain, Hothans, Cobwell, etc.

Ventajas

- a) Genera una fuente de trabajo.
- b) Recuperación de productos de valor comercial.
- c) Reincorpora al ciclo biológico una parte de las basuras en

un tiempo relativamente corto.

Desventajas

- a) Altas inversiones
- b) Elevados costos de operación y mantenimiento.
- c) Produce malos olores
- d) Solo procesa una parte de las basuras
- e) Requiere complementarse con otros métodos
- f) Las plantas existentes han desaparecido al parecer por su poca rentabilidad.

Para efectuar el proceso de reducción es indispensable que exista separación previa de las basuras, por lo tanto únicamente se puede aplicar en aquellas ciudades donde se emplee esta práctica.

El método de la reducción alcanzó su gran desarrollo en la época comprendida entre 1885 y 1910 especialmente en EE.UU., en 1918 existían en ese país 24 plantas en operación, que servían a 75 ciudades de ese año a la fecha fueron desapareciendo paulatinamente las instalaciones, y así en 1942 solo funcionaban 7 plantas y en 1952 solo quedaban las de Syracuse y la de Recherter.

Este sistema se ha mencionado como un aspecto puramente histórico, ya que la aplicación de la reducción para disponer de los residuos sólidos urbanos se ha abandonado y ahora la aplicación de dicho sistema se limita únicamente al procesamiento de los residuos generados en los mataderos operando con éxito en estos lugares.

CAPITULO 3

LA CIUDAD DE VERACRUZ COMO FUENTE GENERADORA
DE RESIDUOS SOLIDOS

3.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA CIUDAD DE VERACRUZ

Para obtener la solución de cualquier problema es fundamental el conocimiento previo de los principales parámetros que delimitan a éste, razón por lo cual analizaremos la ciudad, su situación geográfica, población actual y sus proyecciones futuras, sus principales industrias y sus condiciones climatológicas. Considerando que la generación de basuras se encuentra directamente ligada a estos factores.

Veracruz, Ver. (ciudad y puerto) cabecera del municipio y capital del estado de su nombre; actualmente cuenta con 283,000 habitantes y su superficie es aproximadamente de 301.92 km^2 .

Apoyándose en las formaciones coralíferas entre Punta Gorda y Punta Mocambo, se ha construido el puerto artificial de Veracruz a los $19^{\circ} 12'$ de latitud Norte y a los $96^{\circ} 06'$ de longitud Oeste (ref. 10).

En el litoral del Golfo de México, frente a la costa a 1 km de distancia está el arrecife de La Gallega, sobre el que se levanta el famoso castillo de San Juan de Ulúa, entre este islote y la costa se encontraba el puerto usado en la época virreinal, pero al efectuarse las obras de construcción de la bahía artificial este arrecife quedó unido con tierra por medio de el rompeolas Norte.

Durante el porfirismo se construyeron muelles, bodegas e insta-

laciones portuarias de lo más avanzado en su época, algunas de ellas aún son utilizadas actualmente, pero se azolvó la bahía y fue necesario dragarla abriendo un canal central para permitir el acceso a los muelles.

Temporalmente se abandonaron las instalaciones lo cual provocó que las maniobras resultasen muy elevadas en precio y muchas líneas de navegación internacional cambiaron su terminal a Tampico (ref.11).

Durante los últimos años se ha llevado a cabo la rehabilitación del puerto. Sus vías de comunicación son excelentes, esta unido a la capital de la república por el ferrocarril Mexicano y el Interoceánico y por importantes carreteras, cuenta además con un magnífico puerto aéreo y diversas líneas de navegación lo comunican con diferentes partes del mundo.

Ultimamente se han desarrollado en torno a la ciudad de Veracruz construcciones navales y diversas industrias estimuladas por la disponibilidad de energía eléctrica entre las cuales se pueden citar la industria Siderúrgica, TAMSA, Tubos de Acero de México. Herrac tubos., Aluminio, S.A., Ferro Aleaciones Veracruzanas, Astilleros de Ver. S.A., FISISA Fibras sintéticas., Solventes y Pinturas., Empaque de Productos alimenticios; Empacadora del Golfo; Alimentos H.P. S.A; BIMBO, etc.



Población

La información sobre la población que fue censada en 1970 en la ciudad de Veracruz reporta un total de 230 220 habitantes lo que representa el 6.03 % de la población estatal, constituida por 109 989 hombres y 120 231 mujeres. Dicha ciudad cuenta con una superficie de 310.92 km² misma que equivale al 0.3 % de la superficie estatal a la que corresponde una densidad de población de 955.97 habitantes por kilómetro cuadrado.

En base a estos datos de población se calculó la tasa anual de crecimiento siendo esta de 4.2 y con ello se estimó la población futura para los próximos 15 años, los resultados obtenidos se presentan a continuación en la tabla 3-1 y en la figura 3.1

TABLA 3.1
POBLACION FIJA ESPERADA

año	Población en miles
1975	283
1976	295
1977	307
1978	313
1979	326
1980	340
1981	354
1982	369
1983	385
1984	401
1985	420
1986	438
1987	458
1988	477
1989	497
1990	518

Observando que la generación de basuras es una función directa del nivel socioeconómico, y éste a su vez se encuentra estrechamente relacionado con la población económicamente activa, en el apéndice I se presenta la información existente al respecto (ref.12).

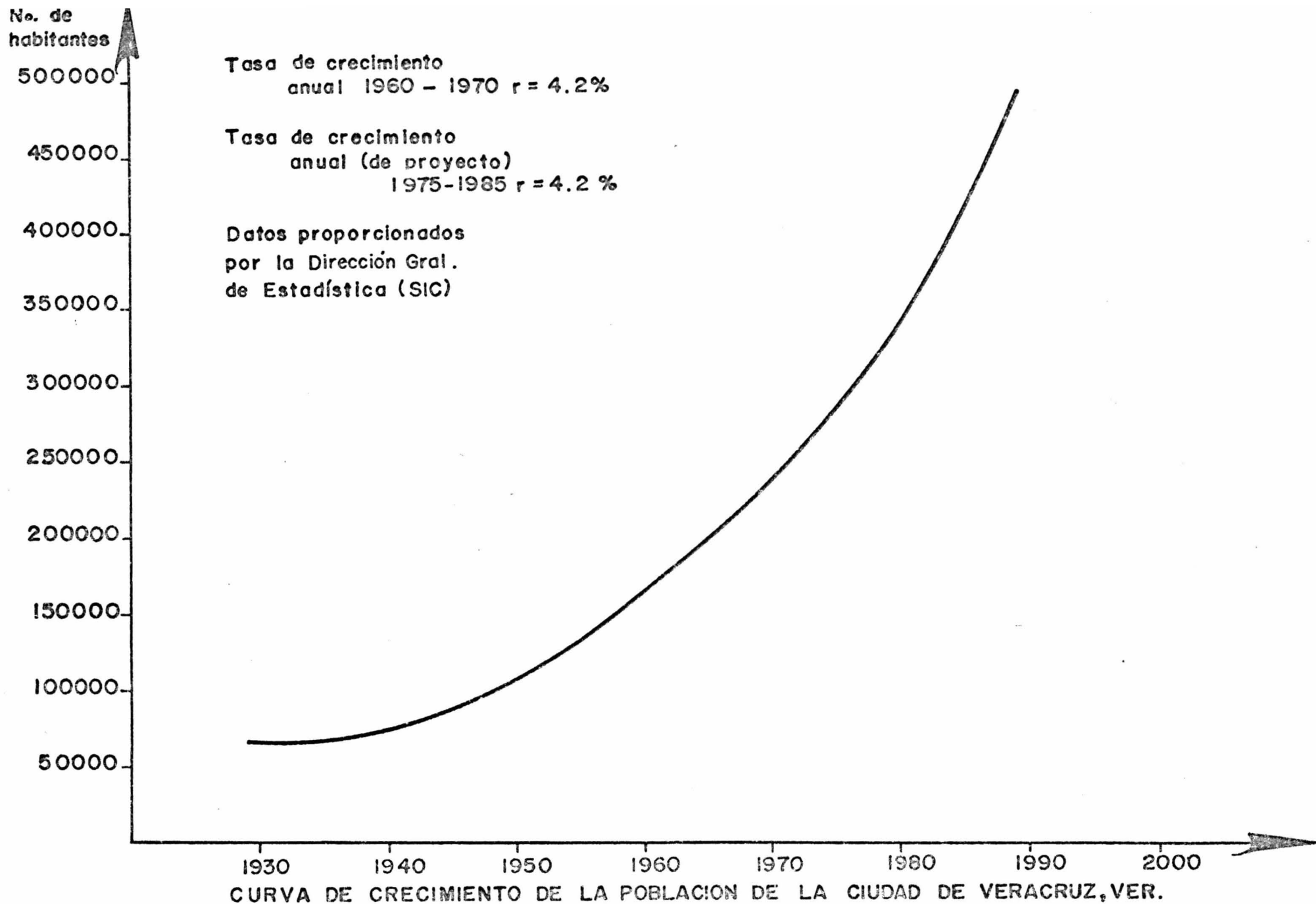


FIG. 3-1

Climatología

Las condiciones climatológicas influyen en forma determinante a la distribución de la contaminación atmosférica. La Organización Meteorológica Mundial (ref. 2) señala que para cualquier distribución de los focos de contaminación, la difusión de las impurezas está ampliamente gobernada por los cambios en las circunstancias climatológicas.

De los diferentes parámetros meteorológicos el viento es uno de los de mayor importancia. Los agentes contaminantes emitidos en tiraderos a cielo abierto o en una zona determinada, pueden ser dispersados o bien transportados lejos de su punto de emisión por el viento, su dirección y velocidad están en función de los cambios de temperatura, cuyo conocimiento es esencial desde el punto de vista de contaminación ambiental.

Otros factores meteorológicos que influyen en la contaminación atmosférica son: la radiación solar que interviene en la formación de los nitratos de peracilo (PAN) (Ref. 2) y del smog, en general la humedad en la transformación del trióxido de azufre en ácido.

El conocimiento de todos esos factores a nivel microclimatológico es indispensable para el estudio de los niveles de contaminación ambiental.

De ahí que para el estudio de la difusión de contaminantes en un

núcleo urbano en este caso específicamente Veracruz, sea necesario un perfecto conocimiento de las condiciones climatológicas existentes. Con este fin en el apéndice II se presentan los principales parámetros meteorológicos observados en la ciudad de Veracruz.

3.2 LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE VERACRUZ

Actualmente en esta entidad al igual que en la mayor parte del mundo, diariamente se agrava el problema que representa la recolección y disposición de los residuos sólidos (basuras), debido a que la magnitud del problema no permite que esta población sea la excepción entre un gran número de municipalidades principalmente latinoamericanas, donde las medidas tendientes a solucionar dicho problema resultan anticuadas e inadecuadas, los empleados reciben salarios, entrenamiento y beneficios mínimos. Además de tener que trabajar en condiciones adversas que propician un alto porcentaje de accidentes de trabajo y de salud por falta de higiene, a tal grado que dicha profesión ocupa el tercer lugar entre las que mayor número de accidentes de trabajo producen (ref. 15).

Este factor aunado a los citados anteriormente hacen más apremiante la necesidad de plantear una solución a este problema.

3.2.1 Sistema actual de recolección

Dentro de este contexto es necesario citar una breve historia concerniente al desarrollo del sistema de limpia, recolección y disposición

de los residuos sólidos (basuras) en el puerto de Veracruz.

En el año de 1932, la Secretaría de Salubridad, tenía a su cargo el servicio de limpia y recolección, el cual estaba constituido por doce carretas tiradas por mulas y cuatro camiones. El (tiradero a cielo abierto) o basurero Cuauhtémoc se encontraba situado entre; Velázquez, la Cadena, Alcoser, Circunvalación, Cortés hasta J.B. Lobos.

Por los años de 1932 y 1936 se constituyó una cooperativa a la que fue donado el servicio de limpia por la Secretaría de Salubridad. En 1939 se formó un sindicato y el H. Ayuntamiento compró el tren de limpia y la cochera que pertenecía a la cooperativa. En la década de 1940 desaparecieron las carretas.

En 1958 el tiradero fue cambiado a Laguna de Lagartos donde permaneció solamente año y medio por la intervención del departamento de pesca, para evitar que se secara la laguna se le trasladó temporalmente de 3 a 4 meses a orillas del panteón municipal.

Posteriormente pasó a los pantanos del coyol y tembladera que es donde se encuentra actualmente en la fig. 3-2 se indica este sitio.

Las actividades efectuadas en torno a este problema han sido relativamente limitadas por lo que solamente pueden citarse las siguientes: En 1952 la Secretaría de Salubridad realizó una campaña para exterminar la elevada proliferación de insectos y además por iniciativa de un (ganchoero)

hombre de campo la basura fue extendida en forma de parcela de 8 mts de frente por aproximadamente 300 mts de largo para evitar que los camiones se atascaran y facilitar la operación de descarga.

El actual sistema de recolección es proporcionado en su totalidad por el municipio y cubre aproximadamente un 85 % de la población total de esta entidad. Además se estima que con la adquisición de las nuevas unidades se incrementará en un 5 %.

Se efectúa con el método de parada domiciliaria, con recolección en la acera.

Este método de recolección consiste en lo siguiente:

El usuario saca su basura hasta la acera, donde la recogen los operarios, la varían en el vehículo recolector y regresan el recipiente al mismo lugar.

Este método aún cuando presta un buen servicio resulta costoso, y además tiene la desventaja de que, cada recipiente es potencialmente un foco de contaminación. En algunos casos la basura suele ser esparcida por diferentes accidentes como ejemplo de ellos puede citarse el viento, o algunos animales, etc., lo que en muchas ocasiones obliga al empleado a tener que palear, aumentando con ello los tiempos de ruta y los costos de operación.

Para efectuar este servicio el departamento de limpia y recolección, labora diariamente incluyendo los días domingos. Para tal efecto dispone del siguiente equipo y personal:

3. 2.1.1. EQUIPO DE RECOLECCION ACTUAL.

Número económico	Marca del vehículo	Modelo	Tipo	(+) C A P A C I D A D		Estado	Observaciones
				TON	M ³		
02	Dodge	1972	Volteo	2	5	Bueno	
03	Dodge	1971	Tubular	6	9	Regular	
04	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Regular	
05	Dodge	1971	Tubular	6	9	Regular	(en reparación)
09	Dodge	1971	Tubular	6	9	Regular	
11	Ford	1972	Tubular	6	9	Bueno	
13	Ford	1965	Tubular	6	9	Malo	
14	Dodge	1971	Tubular	6	9	Bueno	
16	Ford	1968	Tubular	6	9	Regular	(en reparación)
17	Ford	1968	Tubular	6	9	Malo	
19	Ford	1968	Tubular	6	9	Regular	(en reparación)
21	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Regular	(en reparación)
22	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Regular	
23	Dodge	1971	Tubular	6	9	Regular	
26	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Malo	
27	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Regular	
28	Dodge	1971	Volteo	2	5	Regular	(en reparación)
30	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Regular	
31	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Regular	(en reparación)
32	Dodge	1969	Compact. Caja	8	12	Regular	(en reparación)
33	Dodge	1971	Volteo	2	5	Regular	
34	Dodge	1968	Volteo	1.7	4	Regular	(en reparación)
35	Dodge	1971	Volteo	2	5	Regular	
41	Dodge	1972	Tubular	6	9	Bueno	
42	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
43	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
44	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
45	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
46	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
47	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
48	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
49	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
50	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	
51	Dodge	1974	Compact. Caja	8	12	Bueno	

ESTUDIO: VERACRUZ, VER.

FUENTE DE INFORMACION
PROGRAMA PARA EL MEJORAMIENTO DE
LOS SERVICIOS DE RECOLECCION, TRANS-
PORTES Y DISPOSICION FINAL DE LAS
BASURAS.

A continuación se describen brevemente algunas características del equipo antes citado.

14 camiones compactadores de sección cuadrada con las siguientes medidas de caja:

Alto	1.70 m
Ancho	2.05 m
Largo total	3.60 m
Largo útil	2.65 m
Capacidad total	12.50 m ³
Capacidad útil	9.50 m ³

9 camiones compactadores tubulares con capacidad nominal de 12 Yd³ con las siguientes medidas de caja:

Diámetro	1.80 m
Largo total	3.60 m
Largo útil	2.80 m
Capacidad total	9.20 m ³
Capacidad útil	7.15 m ³

4 camiones de volteo con capacidad de 6 y 5 m³ además 1 barridora.

3.2.1.2 Personal

El departamento de limpia y recolección dispone actualmente del siguiente personal:

1	Jefe de Servicio
65	Barrenderos
30	Choferes extraordinarios
17	Ayudantes de planta
39	Ayudantes de planta
16	Ayudantes extraordinarios
20	Campaneros
50	Trabajadores de cuadrilla
<hr/>	
241	TOTAL

Cada vehículo lleva normalmente el siguiente personal:

1	Chofer
1	Pisador
1	Campanero
3	Vaciadores

Los camiones trabajan dos turnos haciendo aproximadamente 18 viajes en el primero y 10 viajes en el segundo, por lo que se puede estimar en 28 viajes por vehículo la recolección. Se estima que un promedio de 3 vehículos están en reparación o mantenimiento en los talleres (ref. 6).

3.2.1.3 GASTOS MENSUALES para mantenimiento del equipo de recolección, transporte y barrido manual del mes de Enero a Junio de 1974. Según datos proporcionados por el H. Ayuntamiento.

El gasto realizado por concepto de mantenimiento con 17 unidades compactadoras y 3 camiones de volteo fue de \$ 230,081.17 en 6 meses, un promedio de \$ 38,346.86 por mes.

Y una nómina mensual incluyendo a todo el personal de limpia de \$ 370,933.80 distribuído de la siguiente manera.

1	Jefe de Barrenderos	\$ 46.78	\$ 1 403.40
68	Barrenderos	42.53	86 760.00
30	Choferes de planta	52.00	46 800.00
17	Choferes extraordinarios	36.38	18 553.80
39	Ayudantes de planta	44.80	52 416.00
16	Ayudantes extraordinarios	28.52	13 689.60
20	Campaneros	13.91	8 346.00
50	Trabajadores de cuadrilla	\$ 31.77	\$ 142 965.00
			<hr/>
			\$ 370 933.80

ESTUDIO: VERACRUZ, VER.

FUENTE DE INFORMACION

programa para el mejoramiento de los servicios de recolección, transportes y disposición final de las basuras.

a) COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES.

15 camiones compactadores de caja con una dotación de 30 lts. diesel/día x 26 x 0.53	\$	6 201.00
5 camiones compactadores de tubulares con una " " 35 lts. gasolina/día 26 x 1.45	\$	6 597.50
3 camiones de volteo " " " " 35 lts. " " 26 x 1.45	\$	4 958.50

ACEITE:

1.0 lt Prom./camión/jornada 1.0 x 23 x 26 x 8.65	\$	5 172.70
--	----	----------

SERVICIO LAVADO Y ENGRASADO

\$ 60.00 x 23 (No. camiones)/mes	\$	1 380.00
----------------------------------	----	----------

b) REPARACIONES:

\$ 300.00 Prom./camión/mes \$ 300.00 x 23	\$	6 900.00
---	----	----------

c) LLANTAS:

\$ 325.00 Prom./camión/mes \$ 325.00 x 23	\$	7 500.00
---	----	----------

ESTUDIO: VERACRUZ, VER.

FUENTE DE INFORMACION

Programa para el mejoramiento de los servicios de recolección, transporte y disposición final de las basuras.

* No existen datos aún de los gastos realizados con las 10 nuevas unidades de limpia, por lo que se han calculado en base a las unidades ya existentes.

Resumen de costos

La erogación realizada por el sistema de limpia, recolección y disposición de basuras puede resumirse en la siguiente forma:

Costo de personal	\$ 370 933.80 / mes
Costo de mantenimiento	\$ 38 346.80 / mes
Gastos varios	\$ 38 709.70 / mes
	<hr/>
Total	\$ 447 990.30 / mes

Lo que equivale a \$ 5 370 000.00 / año

Considerando que dicha erogación permitió efectuar una recolección de 87 290 ton/año. El costo por tonelada asciende a \$ 61.6 lo que representa un costo de \$ 19.2 / hab/ año o bien \$ 0.06 / kg de basura recolectada.

3.2.1.4. Disposición final

La ciudad de Veracruz se utiliza el sistema de tiradero a cielo abierto, con los consiguientes inconvenientes desde el punto de vista; sanitario, urbano, estético, social y económico.

En el tiradero no se efectúa ningún control para la eliminación de los desechos sólidos, por lo que cada día se incrementa aproximadamente en 200 toneladas de basura.

El tiradero se encuentra prendido casi en forma continua lo cual trae consigo la producción de enormes cantidades de humos, polvos y gases que vienen a contribuir a la formación de una enorme fuente de contaminación ambiental provocando constantes quejas por parte de los vecinos.

La ubicación del tiradero se especifica en la fig. 3-2 y la distancia de recorrido es de 5 a 7 km desde las rutas de recolección. En el viven un gran número de familias "los pepenadores" que son aproximadamente 50 y algunos otros que sin ser pepenadores se refugian a vivir ahí en las peores condiciones de salubridad e higiene.

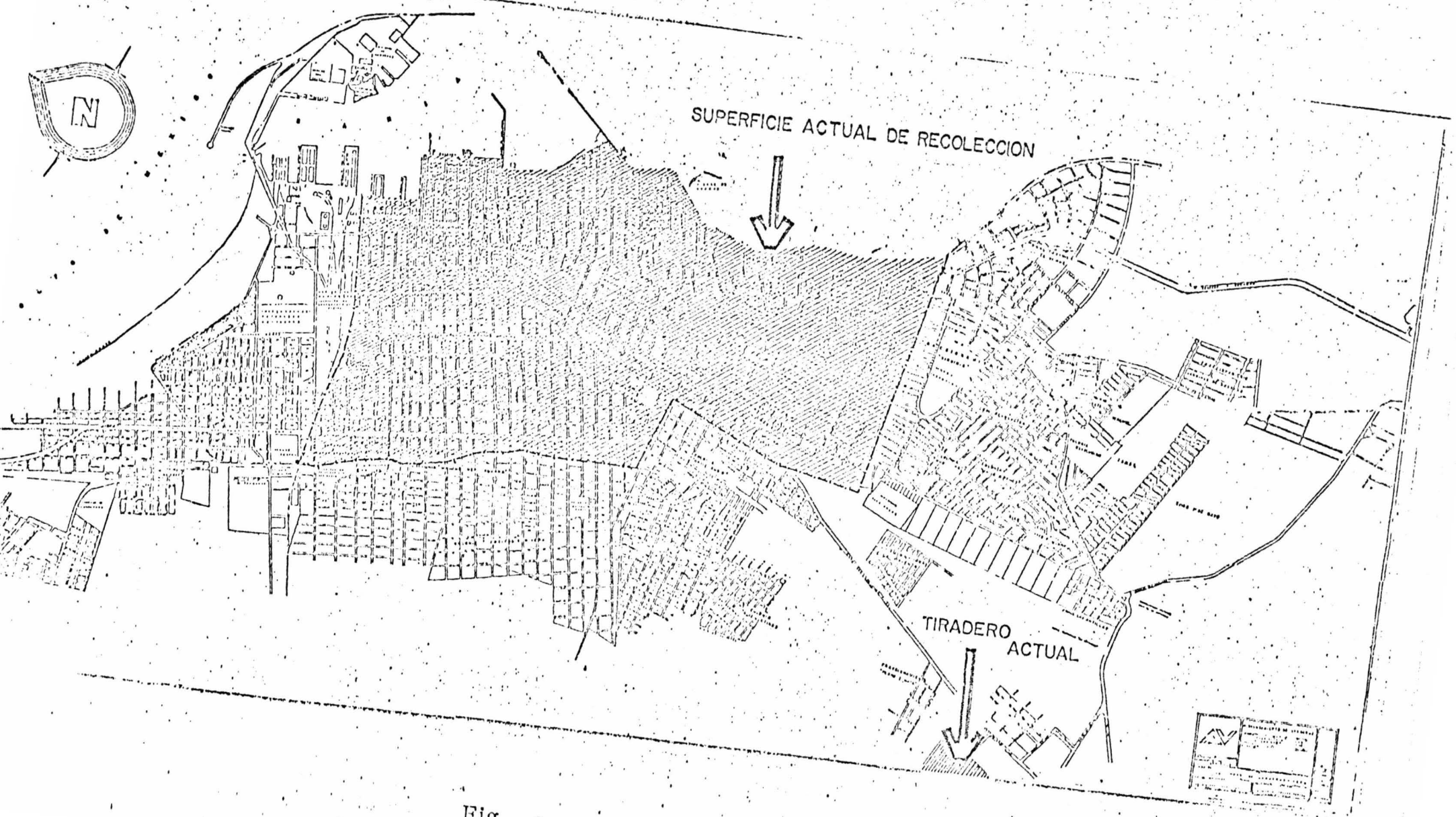


Fig. 3.2

3.2.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de los residuos sólidos.

Las basuras urbanas son un material heterogéneo constituido por sustancias orgánicas e inorgánicas contenidas en diferentes materiales y en proporciones variables de diversas clases de componentes, provenientes de los residuos generados como resultado de las actividades de los habitantes de las comunidades.

Su composición varía de una región a otra en cualquier nación y de manera considerable de un país a otro. Esta composición cambia con el paso de los años, al variar las costumbres sociales y el nivel socioeconómico de la población.

En virtud de la gran variedad de elementos que constituyen los residuos sólidos es fundamental conocer su volumen de generación, así como composición, y sus proyecciones futuras antes de efectuar cualquier operación al respecto.

Por lo tanto una de las fases más importantes en un análisis de alternativas en la planeación del manejo y disposición de residuos sólidos (basuras) es la correspondiente al muestreo y análisis.

Estas operaciones nos permiten conocer la naturaleza y el porcentaje de los diferentes productos presentes y nos puede representar en forma aceptable las condiciones actuales del sistema de recolección.

3.2.2.1 Muestreo

Existen diferentes métodos de muestreo (ref. 17) y para obtener una muestra en forma óptima es de vital importancia que ésta sea representativa del sector por analizar. Además es necesario seleccionar el método de muestreo más adecuado conforme a los objetivos deseados.

Se realizaron los siguientes:

- A) En la ruta de recolección.
 - a) Se especificó la(s) zona(s) económica(s) de una determinada ruta de recolección y las muestras se tomaron cada tres paradas alternas, recabándose en promedio 45 muestras por muestreo (ref. 18).
 - b) Las muestras, se mezclaron en un todo y se procedió a efectuar las operaciones subsiguientes, figura 3-3.

- B) En el sitio de disposición.
 - a) Para efectuar este muestreo fue necesario conocer previamente el peso y la capacidad de los camiones recolectores (ref. 19) realizándose una pesada sorpresiva de los mismos, lográndose interceptar un total de seis vehículos cuadrados y un tubular,

los resultados se muestran en la tabla No. 2.4

Tabla No. 3.4

CAPACIDAD Y PESO DE LOS CAMIONES

Tipo de camión	Capacidad nominal m ³	Peso neto ton	Peso compactado nominal	Peso volumétrico* kg/m ³ REAL
Tubular	9.2	3.520	383	492
Cuadrado	12.2	5.170	414	559
	12.5**	4.660	370	504
	12.5	3.920	313	424
	12.5	4.680	374	506
	12.5	4.775	382	516
	12.5	4.760	381	515
Promedios	Cuadrados	4.661	373	504

** Camión muestreado

* El día en que se efectuó lo anterior, no puede considerarse representativo, ya que había estado lloviendo y la basura se encontraba más húmeda de lo normal. Se considera que una disminución del 5% a los pesos obtenidos es justificable por este concepto. Se calculará la recolección considerando esta disminución.

b) Al descargar el camión sobre el total de la basura se tomaron pequeñas muestras en forma aleato-

ria y una vez efectuada la separación se integraron las muestras en un todo.

c) En los sitios de generación

Se practicó un muestreo domiciliario con el objeto de determinar la producción per cápita de basura, pero debido a que solamente se realizó un muestreo de este tipo éste no puede ser considerado como representativo de la población, por lo cual se procedió a efectuar este cálculo en la forma siguiente:

Considerando el peso y la capacidad de los camiones, así como el número de viajes realizados por unidad y por día tendremos:

Peso de un camión tubular por viaje	3 350 kgs
Peso de un camión cuadrado por viaje	4 200 kgs

Si todos los camiones trabajan diario el tonelaje recolectado será de acuerdo a la tabla siguiente:

VOLUMEN DE BASURA RECOLECTADA

Tipo de camión	Número de unidades	Viajes por unidad	Peso por viaje ton	Total teórico Recolectado en ton	
				Diario	Domingo
Tubular	9	2.8	3.35	85	55
Cuadrado	14	2.8	4.43	175	113
Volteo	4	4.0	2.50	40	27
Suma	27			300	195
Menos 15 % por vehículos en los talleres				45	29
Total				255	166

Recolección anual $255 \times 300 = 76\ 500$
 $166 \times 65 = 10\ 790$
 Total estimado $= 87\ 290$ ton / año

Considerando que la población servida es del 85 % tendremos:

$$\frac{87\ 290}{0.85} \text{ ton / año} = 102\ 694 \text{ ton / año y en consecuencia;}$$

$$\frac{102\ 694 \text{ ton/año}}{365 \text{ días} \times 283\ 000 \text{ hab.}} = 0.994 \approx 1 \text{ kg / hab/día.}$$

Por lo tanto la producción per cápita de basura es de 1/kg/hab/día, cifra que parece alta comparada con la obtenida en otras ciudades de la república pero, debe considerarse que en ella se incluye la basura generada en los; comercios, hoteles, la aduana, y en diversos lugares públicos como; las playas, el malecón,

parques, jardines, etc.

En base a estos datos y considerando los obtenidos en la tabla No. 3.1 así como, un incremento anual en la generación de basura del 1 % por el mejoramiento del nivel de vida se calculó la producción futura de residuos sólidos los resultados obtenidos se presentan en la tabla No. 3.6

Tabla No. 3.6

PRODUCCION FUTURA DE BASURA

año	Población (estimada)	Producción futura de basura kg/hab/día	Producción de basura ton/año
1975	283	1.000	103,295
1976	295	1.010	108,751
1977	307	1.020	114,296
1978	313	1.030	117,672
1979	326	1.040	123,749
1980	340	1.050	130,305
1981	354	1.061	137,091
1982	369	1.072	144,382
1983	385	1.082	152,048
1984	401	1.093	159,976
1985	420	1.104	169,243
1986	438	1.115	178,255
1987	458	1.126	188,233
1988	477	1.137	197,957
1989	497	1.148	208,252
1990	518	1.159	219,132

3.2.2.2 Análisis físicos y químicos.

La realización de estos análisis es fundamental por que nos permite conocer las características de las basuras, dado que de ellas depende directamente la selección del método a emplear para su disposición final, por ejemplo:

La densidad nos indica el volumen que será necesario manejar durante el desarrollo de cualquier proceso.

El contenido de humedad, materiales combustibles, poder calorífico, y cenizas afectan directamente el establecimiento de una planta de incineración.

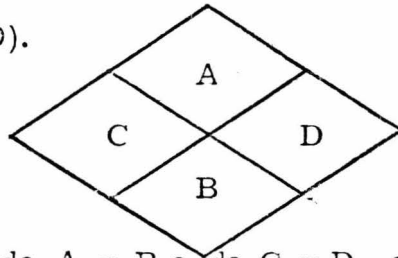
El proceso de compostificación se ve afectado por diversos factores como son: la humedad el pH la relación C/N el contenido de sustancias degradables y la cantidad de elementos con N, P, K, Ca, Na, etc. presentes en las basuras en base a lo anterior se puede estimar la facilidad o dificultad con que se realizará el proceso de compostificación así como la calidad de la composta resultante.

A) Análisis físicos

Una vez obtenidas las muestras de 100 a 200 kg aproximadamente en cada uno de los muestreos realizados, se depositó en un lugar equivalente a una plataforma de 4 x 4 m y se mezcló uniformemente hasta homogenizarla (ver fig. No. 3.3)

- Cuarteo

La mezcla de basura homogenizada se dividió en cuatro secciones (A, B, C, D).



Se tomó material de A y B o de C y D, aproximadamente de 40 a 50 kg, en el primer muestreo se suprimió el cuarteo y se trabajó con el total de la muestra obteniéndose resultados similares.

- Determinación de la Densidad

Para ello se empleó un recipiente cilíndrico de un volumen de 103.28 litros.

- a) Se llenó el recipiente de basura hasta el borde se le golpeó tres veces dejándolo caer desde una altura de aproximadamente 10 cm agregándole basura para llenar el tanque hasta el borde después de cada golpeo.
- b) Se determinó el peso correspondiente a la basura. Esta ope-

ración se realizó en once ocasiones durante los diferentes muestreos (los resultados se ilustran en la Tabla No. 3.7 obteniéndose un peso promedio de 28 kg de basura, por lo tanto la densidad es de:

$$D = \frac{P}{V} = \frac{28.00 \text{ kg}}{103.28 \text{ lt}} = 0.27 \text{ kg / lt}$$

Tabla No. 3.7

DETERMINACION DE DENSIDAD

Peso de basura kg	Volumen de basura lt	Densidad kg/l
27	103.28	0.261
34	"	0.320
29	"	0.280
25	"	0.242
29	"	0.320
26	"	0.252
28	"	0.271
28	"	0.271
31	"	0.300
26	"	0.250
25	"	0.242
Promedio 28		0.271

Composición física de la basura

Una vez efectuada la determinación de densidad se sometió la basura a un mezclado y un 2o. cuarteo separándose en cada ocasión aproximadamente 30 kg para la selección de sub-productos, los resultados obtenidos se presentan en las ta-

blas siguientes.

- Determinación de humedad

Los 10 kg de basura separados después de efectuar el segundo cuarteo, se pasaron a molienda gruesa y posteriormente a un mezclado y tercer cuarteo, separándose 2 kg para realizar los análisis químicos y la determinación de humedad. Esta operación se realizó en la forma siguiente:

- a) Se preparó una caja de aluminio para humedad llevándole a peso constante (2 hs a 120°C).
- b) Se colocó en la caja una muestra de basura molida y se secó en la estufa a 60°C hasta obtener peso constante. La diferencia entre la muestra inicial y la muestra seca se consideró como el contenido de humedad.

Peso de la muestra húmeda 14 gr

Peso de la muestra seca 6 gr

La muestra contenía 8 gr de agua por lo tanto: 14 - 8

$$100 - x$$

$$x = 57.1 \% \text{ de humedad}$$

B) Análisis químicos

- pH (Potencial de hidrógeno).
- a) Se preparó una solución en relación 1.4, que consistió en pesar 10 gr de muestra y diluirlos en 40 ml de agua destilada a pH de 7. Se agitó enérgicamente la muestra y se dejó reposar durante 30 min.
- b) Después de calibrar el potenciómetro se midió el pH el cual fue de 6.0

- Determinación de cenizas

Para ello se realizaron las siguientes operaciones.

Se prepararon los crisoles a peso constante colocándose en ellos una muestra de basura seca, la cual se incineró en la mufla a 800°C durante 2 hs, posteriormente se le enfrió en un desecador, conocido el peso inicial y final de la muestra se calculó el porcentaje de cenizas.

- a) Peso de la muestra inicial 11 gr.
 Peso de la muestra final (cenizas) 3.6 gr
 $11 - 3.6$
 $100.00 - x \therefore x = 33.1 \%$ de cenizas
 materia orgánica aproximadamente 66.8 %
- b) Peso de la muestra inicial 8.8 gr
 peso de la muestra final (cenizas) 2.8 gr

8.80 - 2.8

100.00 - x.: x = 34.7 % de cenizas

materia orgánica aproximadamente 65.2 %.

El contenido promedio de cenizas es: 33.9 %

Contenido promedio de materia orgánica es:

66.0 %

Nota: normalmente el contenido de materia orgánica se determina mediante la técnica de Walkely y Blach en la que la materia orgánica es digerida con ácido sulfúrico (Ref. 20).

La determinación anterior se realizó considerando, la cantidad en peso de material perdido durante la incineración, el porcentaje de materia orgánica obtenido no es muy preciso debido a que se tienen pérdidas de algunas sales volátiles a la temperatura de incineración.

Considerando un 10 % de error por este concepto se pueden obtener datos feicientes (ref. 20), mismos que se corroboran con los resultados obtenidos al efectuar la prueba empleando ácidos, (ver tabla 3.8).

- Prueba para lípidos.

Para efectuar esta determinación se utilizó un extractor Soxhlet con un frasco de 125 ml, un aparato de calefacción, un dedal de extracción (extractor Wahtman 22, para 80 ml y como

reactivo Ether c.p.

El procedimiento consistió en:

- a) Secar una muestra de basura a peso constante enfriar y colocar 5 gr de la muestra en el dedal de extracción, adicionándole 80 ml de ether en el frasco de extracción, posteriormente se colocó el dedal en el tubo de extracción, operando el extractor Soxhlet continuamente en baño de agua hasta que el ether dejó de adquirir coloración.

La temperatura se reguló de forma tal que la descarga en el tubo de extracción se realizará cada 7 minutos.

- b) Se evaporó el ether del frasco inferior secándolo en la estufa a 70°C, se enfrió en un desecador y se llevó a peso constante. Los cálculos se realizaron aplicando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ lípidos} \\ \text{extractados con ether} = \frac{100 (\text{peso del extracto de ether})}{\text{peso neto seco}}$$

$$\% \text{ lípidos} = \frac{100 (0.70)}{5} = 14 \%$$

Si bien el valor obtenido es para la materia extractable en ether e incluye todas las sustancias solubles en el mismo estas representan esencialmente el contenido de lípidos.

Poder calorífico.

El poder calorífico de la basura, obtenido en diferentes pruebas realizadas mediante una bomba Parr para determinaciones calorimétricas es de 1 500 Kcal/kg. Se puede considerar bajo en comparación con el obtenido en las basuras de otros países (Ref. 2.1).

- Determinación de los principales elementos y compuestos presentes en las basuras.

Para realizar esta operación se efectuaron diferentes tipos de análisis; como son: los tradicionales en el caso de, SO_4 , K_2O Análisis a la flama para Na, K, y espectrofotometría de absorción atómica en la determinación de Mg, Mn, Pb, etc. (Ref. 22, 23, 24). Los métodos empleados resultan demasiado extensos para detallarlos en el presente estudio, por lo que solamente se presentan los resultados obtenidos en la tabla No. 3.8.

- Determinación de la relación C/N.

Considerando que la cantidad de materia orgánica digerida en ácidos (88.15 %) contengan un 10 % de carbono mineral tendremos: 79.33 de materia orgánica integrable al ciclo, fermentario con mayor facilidad, lo cual representan: $(79.33 \times 0.5) = 39.6$ % de carbono, además el contenido medio de nitrógeno total es de 0.7 %. La relación aproximada de C/N es $39.6/0.7 = 56.5$, lo que se puede considerar como aceptable en la fase inicial para la compostificación de las basuras.

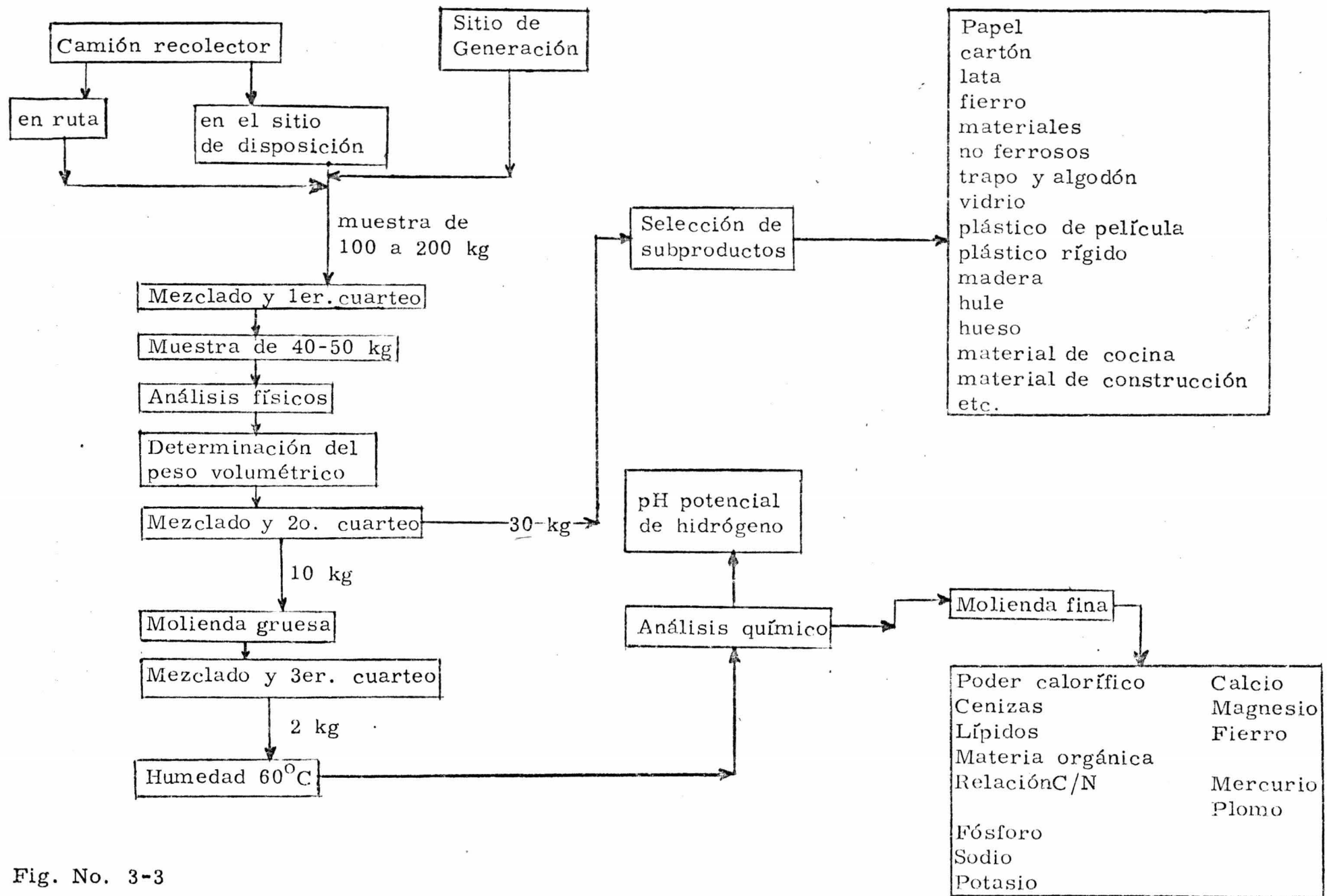


Fig. No. 3-3

MUESTREO Y ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS

Tabla No. 3.8

COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Materiales	MUESTREO No.1		MUESTREO No.2		MUESTREO No.3		MUESTREO No.4	
	Peso en kg	% en peso	Peso en kg	% en peso	Peso en kg	% en peso	Peso en kg	% en peso
Papel	20.000	20.920	3.800	15.758	7.400	14.726	8.500	13.132
Cartón	2.500	2.615	1.000	4.147	2.750	5.473	1.400	2.163
Vidrio	6.150	6.433	2.600	10.782	4.100	8.159	7.400	11.433
Lata	2.000	2.092	0.500	2.073	1.100	2.189	1.200	1.854
Fierro			1.600	6.635	0.400	0.795	0.100	0.154
No ferrosos			0.600	2.688	0.300	0.597	0.300	0.463
Material de cocina	55.150	57.686	11.950	45.409	29.000	59.711	40.000	61.800
Plástico de película	1.600	1.674	1.000	4.147	1.880	3.741	1.100	1.699
Plástico rígido	1.500	1.569	0.100	0.414	0.650	1.294	1.350	2.085
Material de construcción			0.300	1.244				
Hueso	2.300	2.406	0.500	2.073	0.250	0.498	0.180	0.278
Hule								
Madera			0.500	2.073	1.600	3.184		
Trapo con algodón	2.100	2.196	0.500	2.073	0.800	1.592	2.200	3.339
Cuero								
Tierra	0.800	0.837						
Fibra de Ixtle	0.500	0.523						
Otros	1.000	1.046	0.200	0.829			1.000	1.545
TOTAL	95.600	99.997	24.350	99.945	50.230	99.960	64.730	99.985

Tabla No. 3.9

COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Materiales	MUESTREO No. 4		MUESTREO No. 6		MUESTREO No. 7		MUESTREO No. 8	
	Peso en kg	% en peso	Peso en kg	% en peso	Peso en kg	% en peso	Peso en kg	% en peso
Papel	4.000	15.717	4.000	8.696	4.500	15.571	4.500	9.494
Cartón	1.000	3.929	1.750	3.804	1.500	5.190	1.500	3.164
Vidrio	2.750	10.806	2.750	5.978	1.700	5.884	1.750	3.692
Lata	1.200	4.715	1.000	2.174	1.300	4.498	1.000	2.110
Fierro			0.100	0.217			0.200	0.422
No ferrosos			0.200	0.435	0.600	2.077	0.100	0.211
Material de cocina	13.100	51.473	30.000	65.217	15.500	53.632	33.000	69.620
Plástico de película	0.500	1.965	2.000	4.348	1.000	3.460	1.250	2.637
Plástico rígido	1.000	3.929	0.750	1.630	0.800	2.768	1.250	2.637
Material de construcción								
Hueso	0.300	1.178	0.350	0.761	0.400	1.384	0.300	0.633
Hule					0.200	0.692	1.250	2.637
Madera	0.200	0.786	0.300	0.652	0.200	0.692		
Trapo con algodón	1.000	3.929	1.300	2.826	1.000	3.460	1.300	2.743
Cuero								
Tierra	2.500	0.982	0.300	0.652				
Fibra de Ixtle	0.150	0.589	0.200	0.435	0.200	0.692		
Otros			1.000	2.174				
TOTAL	25.450	99.998	46.000	99.999	28.900	100.000	47.400	100.000

Tabla No. 3.10

COMPOSICION FISICA PROMEDIO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Subproducto	Kg	%
Papel	8.100	14.799
Cartón	1.914	3.497
Vidrio	4.171	7.620
Lata	1.443	2.636
Fierro	0.343	0.626
No ferrosos	0.287	0.524
Material de cocina	32.444	59.275
Plástico de película	1.475	2.695
Plástico rígido	1.057	1.931
Material de construcción	0.043	0.080
Hueso	0.642	1.173
Hule	0.206	0.376
Madera	0.400	0.731
Trapo con algodón	1.086	1.984
Cuero		
Tierra	0.514	0.939
Fibra de Ixtle	0.150	0.274
Otros	0.457	0.835
TOTAL	54.721	99.995

Tabla No. 3.11

REPORTE DE ANALISIS

%	MCBV
Pérdida de peso 100-110°C	6.65
Pérdida por calcinación	61.12
Nitrógeno total (N)	1.49
Fósforo total (P ₂ O ₅)	1.20
Fósforo soluble en agua (P ₂ O ₅)	
Potasio total (K ₂ O)	1.70
Potasio soluble en agua (K ₂ O)	
Magnesio (mg)	0.39
Azufre (SO ₄)	0.65
Sodio (Na)	1.57
Residuo insoluble en ácidos	21.85
Calcio (Ca)	3.40
ppm	
<hr/>	
Boro (B)	30
Cobre (Cu)	26
Hierro (Fe)	4 500
Manganeso (Mn)	89
Zinc (Zn)	178
Plomo	120

GUANOS Y FERTILIZANTES DE MEXICO. LABORATORIO

MCBV Material composteable de la basura procedente de Veracruz

C A P I T U L O

4

SELECCION DE ALTERNATIVAS

4.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Evalutando los métodos existentes, sus posibles combinaciones, ventajas y desventajas, así como sus posibilidades y limitaciones para disponer de los residuos sólidos se puede observar, que para solucionar de manera efectiva los problemas que presenta la disposición de basuras urbanas en la ciudad de Veracruz, existen tres alternativas técnicamente adecuadas que son: El relleno sanitario, una combinación de reciclaje de subproductos con relleno sanitario, y la fabricación de compostas por las siguientes razones:

- a) Los métodos de disposición por tiradero a cielo abierto, en medios acuosos y en forma directa sobre las tierras de cultivo, pueden originar graves problemas de contaminación, poniendo en peligro la existencia de infinidad de ecosistemas presentes en la biósfera. Además emplean en forma inadecuada la fuente de recursos que representan la gran cantidad de productos existentes en las basuras y en algunos casos es necesario complementarlos con otros sistemas de disposición como la reducción de volumen, incineración o el relleno sanitario.
- b) El método de incineración no es factible de aplicarse dado que la cantidad de basura generada en la ciudad de Veracruz no alcanza el límite necesario para la generación de energía eléctrica en base a su incineración. Los análisis efectuados

en las basuras reportan un alto contenido de humedad lo cual haría mas difícil su combustión.

Este sistema requiere de una inversión elevada así como de erogación considerable por concepto de operación y mantenimiento, además representa un riesgo constante de contaminación del aire. Se requiere del relleno sanitario para disponer de las cenizas y materiales no combustible, estos argumentos son suficientes para que este sistema resulte inadecuado.

- c) Los procesos de Pirolisis e Hidrólisis de los residuos sólidos actualmente se encuentran en etapa de experimentación y no obstante que en algunas partes del mundo por ejemplo en EE.UU. se han obtenido excelentes resultados a nivel experimental y para pequeñas instalaciones no se tiene experiencia en operaciones a gran escala, por lo tanto, no existen suficientes garantías para emprender una empresa de tal magnitud.
- d) Elaboración de materiales para la construcción; no obstante que los resultados obtenidos dan a este método excelentes perspectivas, las pruebas realizadas en el país al respecto únicamente se encuentran a nivel de laboratorio y la inexperiencia a nivel industrial en este campo hacen inoperante dicho sistema.

- e) Fabricación de alimentos para ganado, aunque si bien, bajo determinadas circunstancias este método puede ser rentable y es posible superar los problemas sanitarios, que representa el peligro constante de la propagación de la triquinosis las erogaciones requeridas para superar dichos problemas son relativamente elevados e impiden que pueda utilizarse este método en combinación con algunos de los otros sistemas existentes ya que por si solo únicamente acepta una parte de las basuras por lo cual no solucionaría el problema integral de la ciudad.
- f) El método de Reducción para disponer de las basuras urbanas no es recomendable dado que su baja rentabilidad y las molestias que ocasiona por el desprendimiento de malos olores durante el proceso, originaron que las plantas de este tipo desaparecieron en EE.UU.
- g) El relleno sanitario requiere baja inversión en comparación con otros sistemas de disposición, ya que está representada principalmente por: el equipo, accesorios y el terreno pero existe la posibilidad de que este último sea propiedad federal, dado que se cuenta con terrenos sanitariamente adecuados. Además los requerimientos de mano de obra son mínimos por lo cual este método resulta económicamente el más factible.

Una de las principales objeciones que se hacen al empleo de este sistema, es que no se utiliza en forma óptima la fuente de recursos que representan los materiales que existen en las basuras. Pero dicha objeción se compensa con las ventajas que este sistema ofrece sobretodo en lo referente al aspecto económico.

Además es posible el aprovechamiento del gas metano producido durante la descomposición de los residuos sólidos, para la generación del alumbrado público.

- h) La planta de recuperación de subproductos combinada con relleno sanitario permite superar la objeción planteada al empleo del relleno sanitario mediante la recuperación de los subproductos de valor comercial existentes en las basuras, esto aunado a las ventajas que presenta el relleno sanitario permitirá solucionar en forma integral el problema de la disposición de las basuras en la ciudad de Veracruz a la vez que se genera una fuente de trabajo e ingresos, aunque si bien con una inversión mayor que en el caso de aplicarse únicamente el relleno sanitario. Además dicha inversión puede recuperarse con los ingresos obtenidos por la venta de los subproductos.
- i) La planta para la fabricación de composta.
- Desde el punto de vista del recicló técnico actualmente se considera que este es uno de los sistemas más completos que

existen para la disposición de los residuos sólidos urbanos.

Por lo cual se sugiere como uno de los métodos a utilizar para solucionar el problema integral de las basuras urbanas en la ciudad de Veracruz.

No obstante que se precisa de una mayor inversión que en los métodos antes expuesto, constituye también la posibilidad de recuperar la inversión y en determinadas circunstancias obtener utilidades a partir de los ingresos obtenidos por la venta de los productos y subproductos de la planta. Reduce los problemas de contaminación ambiental y permite elevar el nivel de vida de una parte de los pepenadores que actualmente viven marginados.

Los análisis físicos y químicos realizados en las basuras (cap. 3) reportar un contenido de elementos tal que permite augurar la obtención de una composta de buena calidad, lo que coadyuvaría a resolver los problemas de fertilización y conservación de suelos e incrementar la producción agrícola.

4.2 FACTORES DETERMINANTES EN LA INSTALACION DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS.

El establecimiento de un relleno sanitario, una combinación de subproductos con relleno sanitario o una planta para la fabricación de composta, deben proyectarse considerando todos aquellos factores que

tienen influencia directa sobre el problema ya que del conocimiento de los mismos depende el éxito o el fracaso de la empresa, de ellos pueden citarse los siguientes:

- La población actual y sus proyecciones futuras.
- Total de generación de basuras, sus características actuales y sus proyecciones futuras.
- Localización del terreno.
- La ubicación de la planta acondicionada de forma tal que los costos de recolección, servicios disponibles y vías de acceso resulten óptimos.
- Sistema de composteo y equipo empleado según los costos de inversión y operación estimados.
- Análisis de mercado para los productos y subproductos obtenidos.
- Programas de mercadotecnia.
- Formas de financiamiento.

Sobre las bases anteriores y habiendo evaluado los principales factores antes citados, a continuación se mencionan algunas de las características más importantes que debe reunir cada una de las tres alternativas seleccionadas y se citan las que no se han tratado con anterioridad como son: la localización del terreno, sistema a emplear, costos estimados, etc.

4.3 RELLENO SANITARIO COMO ALTERNATIVA 1

El diseño de un relleno sanitario eficiente requiere de las siguientes bases preliminares:

- a) Tiempo de vida estimado del relleno.
- b) Su acción en el medio ambiente y en la salud pública.
- c) Selección adecuada del sitio y la seguridad posterior que pueda ofrecer.

El tiempo de vida dependerá de la disponibilidad del terreno apropiado y capaz de aceptar el volumen creciente de las basuras. Los estudios geotécnicos del suelo determinan su disponibilidad para un relleno sanitario, sin que ello ocasione alteraciones al ecosistema, su uso posterior y la seguridad que pueda ofrecer están en función del método empleado y la eficiencia de operación.

En base a lo antes expuesto se eligió un lugar donde realizar el relleno sanitario, el cual está situado en las inmediaciones del sitio actual de disposición y se sugiere emplear el método de área dadas sus características topográficas.

La selección de este sitio se efectuó por las siguientes razones:

- a) El lugar es propiedad federal por lo que no ocasionará costos de inversión.
- b) Existe área suficiente para disponer de la basura generada

durante los próximos diez años en una extensión de aproximadamente doce hectáreas y aprovechando las ondanadas que ahí existen. Además es posible obtener material de cubierta en el lugar.

- c) Las vialidades actuales y futuras garantizan que los costos de transporte serán mínimos.
- d) Los servicios necesarios como: energía eléctrica, agua, etc. se pueden obtener con relativa facilidad de los lugares adyacentes al sitio.
- e) Las cualidades del sitio se corroboran con un estudio realizado al respecto por la (C.C.I.S.) Comisión Constructora de Ingeniería Sanitaria, mismo que obra en poder del municipio.
- f) Se sugiere que el uso final del sitio sea la creación de un parque o canchas deportivas. Además que una parte de este se destine a actividades agrícolas y afines, con el objeto de elevar el nivel de vida de los pepenadores, y finalmente que se considere la posibilidad de utilizar la producción de gas metano para la generación del alumbrado público.

4.3.1 COSTOS

La estimación de los costos para el relleno sanitario, una planta de reciclaje de subproductos combinada con relleno sanitario y una

planta para la elaboración de composta, se efectuará considerando que al tiempo de instalación del sistema de disposición, la generación de basuras será de 320 ton/día aproximadamente y que las operaciones se realizarán en un equivalente a 340 días de recolección, debido a la influencia que al respecto presentan los días feriados y domingos, por lo tanto se tendrá: 340 días/año (320 ton/día) = 108 800 ton/año.

4.3.1.1 COSTOS DE INSTALACION DE UN RELLENO SANITARIO.

TABLA 4-1
COSTOS DE INVERSION

Concepto	Inversión en \$	Periodo de depreciación años	Depreciación anual en \$
Camino de acceso	275 000.00	5	55 000.00
Preparación del sitio	48 100.00	"	9 620.00
Obras de drenaje	34 700.00	"	6 940.00
Bardas	44 690.00	"	8 938.00
Báscula con caseta	175 000.00	"	35 000.00
Equipo móvil	750 000.00	"	150 000.00
TOTAL	\$ 1 327 000.00		\$ 265 498.00

Nota: no se incluyen los gastos financieros.

TABLA 4-2
COSTOS DE PERSONAL

Ocupación	Sueldo mensual propuesto en \$	Número de personas	Erogación \$ / año
Ingeniero	9 000.00	1	108 000.00
Tractorista	4 000.00	1	48 000.00
Peones	2 250.00	3	81 000.00
Pesador	2 250.00	1	30 000.00
Subtotal			267 000.00
30 % de prestaciones al personal			69 500.00
TOTAL			\$ 346 500.00

TABLA 4-3
COSTOS VARIOS

Concepto	Erogación \$/año
Mantenimiento (50 % de los gastos de la depreciación)	132 749.00
Combustibles y lubricantes	40 000.00
Imprevistos (5 % de los gastos de operación)	20 962.00
TOTAL	\$ 193 711.00

TABLA 4-4
RESUMEN DE COSTOS

Concepto	Erogación \$ / año
Costos de personal	346 500.00
Costos varios	193 711.00
Depreciación	265 498.00
TOTAL	\$ 805 709.00

Costo total de servicio	\$ 805 709.00 / año
Basura manejada	108 800 ton/año
Costo por tonelada	\$ 7.40

4.4 Planta de reciclo de subproductos combinada con relleno sanitario como alternativa 2.

El objetivo fundamental de una planta de este tipo para el tratamiento final de los residuos sólidos es: superar la principal objeción que se presenta al caso en que se aplica únicamente el relleno sanitario, y obtener un ahorro por concepto de la inversión en grandes extensiones de terreno, molinos cribas y demás accesorios necesarios en una planta productora de composta y reducir al mismo tiempo los costos de operación y mantenimiento por dicho equipo.

4.4.1 El análisis económico para esta alternativa es el siguiente:

TABLA 4 - 5
INVERSION INICIAL

Concepto	Inversión en \$	Vida útil en años	Depreciación anual \$ / año
Obra civil	1 430 000.00	20	71 500.00
Maquinaria	5 105 000.00	10	510 500.00
Equipo móvil	892 500.00	5	178 500.00
TOTAL	\$ 7 427 500.00		\$ 760 500.00

Nota: no se incluyen los gastos financieros

COSTOS DE OPERACION

TABLA 4 - 6

PERSONAL DIRECTO DE PRODUCCION

Concepto	Sueldo mensual propuesto en \$	4 turnos-banda 2 bandas-320 ton/ día No. de personas	Erogación anual en \$
Mayordomo	4 000.00	2	96 000.00
Rec. de rechazo	2 250.00	4	108 000.00
Rec. de chatarra	2 250.00	4	108 000.00
Rec. de cartón	2 250.00	16	432 000.00
Rec. de papel	2 250.00	16	432 000.00
Rec. de plástico	2 250.00	16	432 000.00
Rec. de trapo	2 250.00	4	108 000.00
Limp. de trapo	2 250.00	4	108 000.00
Rec. de vidrio	2 250.00	4	108 000.00
Clasif. de vidrio	2 250.00	2	54 000.00
Rec. de hueso	2 250.00	4	108 000.00
Empaque	2 250.00	2	54 000.00
TOTAL	\$ 14 750.00	78	\$ 2 148 000.00

TABLA 4 - 7

PERSONAL INDIRECTO DE PRODUCCION

Ocupación	Sueldo mensual propuesto en \$	4 turnos-banda 2 bandas-320 ton/día No. de personas	Erogación anual en \$
Gerente	12 000.00	1	144,000.00
Superintendente	10 000.00	1	120,000.00
Jefe de turno	9 000.00	2	216,000.00
Contador	8 000.00	1	96,000.00
Mecánico	5 000.00	2	120,000.00
Electricista	5 000.00	2	120,000.00
Choferes	3 500.00	4	168,000.00
Op. de grúa	3 500.00	2	84,000.00
Pesador	3 800.00	2	91,200.00
Almacenista	4 000.00	2	96,000.00
Limpieza	2 250.00	4	108,000.00
Velador	2 250.00	4	122,000.00
Fumigador	4 000.00	1	48,000.00
Enfermera	3 500.00	1	42,000.00
Secretaria	3 500.00	1	42,000.00
TOTAL	\$ 79 300.00	30	\$ 1 417 600.00

TABLA 4 - 8

RESUMEN DE LOS COSTOS DE PERSONAL

Concepto	Erogación anual en \$
Personal directo	2 148 000.00
Personal indirecto	<u>1 417 600.00</u>
Subtotal	3 565 600.00
30 % de prestaciones al personal	1 069 680.00
TOTAL	\$ 4 635 280.00

COSTOS VARIOS

Para calcular el consumo de energía eléctrica se consideró un consumo de 15 kw/ton de basura procesada y una capacidad instalada de 490 kw habiéndose empleado la tarifa No. 8 de la C.F.E. (Dato proporcionado por el fabricante del equipo). El costo de mantenimiento se estimó de \$ 4.40 / ton, en tanto que para combustibles y lubricantes se estimó de \$ 0.90 /ton de basura, con estos datos se estimaron los siguientes gastos.

TABLA 4 - 9
COSTOS VARIOS

Concepto	Erogación \$ / año
Energía eléctrica	345 000.00
Mantenimiento	485 040.00
Combustibles y lubricantes	98 000.00
Imprevistos (5.5% de los g. de op.)	292 698.00
TOTAL	\$ 1 218 738.00

TABLA 4- 10
RESUMEN DE COSTOS

Concepto	Erogación \$ / año
Costos de personal	4 635 280.00
Costos varios	1 218 738.00
Depreciación	760 500.00
TOTAL	\$ 6 614 518.00

Por lo tanto los costos de operación en la planta de reciclo ascienden a \$ 60.80 / ton de basura procesada.

COSTOS DEL RELLENO SANITARIO

Para estimar dicho costo se consideró que en este caso, la cantidad de basura a disponer mediante relleno sanitario será igual al total de basura recolectada menos los materiales recuperables. Dado que el costo del relleno sanitario fue estimado con anterioridad. Para obtener el costo total en este renglón se multiplico el costo unitario obtenido, anteriormente por el total de la basura que en este caso se va a eliminar mediante este sistema.

Tomando como base 320 ton/día se tendrán que recuperar 52 345 ton/día (tabla 4.11) o sea que 267.6 ton/día deberán llevarse al relleno sanitario por lo tanto.

Toneladas a disponer al año	\$ 91 003.00
Inversión inicial necesaria	\$ 1 198 000.00
Costo del relleno sanitario	\$ 7.40
Costo total de la operación	\$ 673 429.60

ESTIMACION DE INGRESOS POR SUBPRODUCTOS EN LA PLANTA DE RECICLO

Considerando que los problemas que se presentarán para colocar en el mercado los subproductos, serán similares a los existentes en las plantas procesadoras de basura que actualmente operan en el país, y de acuerdo a la información recabada se puede aseverar que en la ciudad de Veracruz existen potencialmente suficientes compra-

TABLA 4 - 11

INGRESOS POR SUBPRODUCTOS

Subproducto	Factor de recuperación	% de subproducto según análisis	% de subproducto recuperado en banda	Precio en \$ /ton L.A.B. en planta	Toneladas recuperadas por día	Toneladas recuperadas por año	Ingresos en \$ /día ton 320	Ingresos en \$ /año
Papel	0.37	14.799	5.476	500.00	17.523	5,957.8	8,761.50	2 278 910.00
Cartón	0.43	3.497	1.5	1 300.00	4.800	1,632	6,240.00	2 121 600.00
Lata	1.00	2.636	2.636	350.00	8.435	2,867.9	2 952.25	1 003 765.00
Vidrio	0.47	7.620	3.58	150.00	11.456	3,895	1 718.40	584 256.00
Plástico rígido	0.21	1.931	0.405	350.00	1.296	440.64	443.60	150 824.00
Plástico de película	0.21	2.695	0.566	350.00	1.811	615.74	633.85	215 509.00
Trapo	0.20	1.984	0.397	450.00	1.270	431.80	571.50	194 310.00
Fierro	1.00	0.626	0.626	700.00	2.003	681	1 402.10	476 714.00
Hueso	0.70	1.173	0.821	450.00	2.627	893.18	1 182.15	401 931.00
No ferrosos (cobre y aluminio)	0.70	0.524	0.367	1 400.00	1.174	399.16	1 649.20	560 728.00
TOTAL					52.345		\$ 25 554.55	\$ 8 688 547.00

De los datos antes expuestos se puede observar que en las condiciones establecidas la operación de la empresa se efectuará arriba del punto de equilibrio a continuación se presenta la proyección de los parámetros económicos para el tiempo de vida útil de la planta.

T A B L A 4 - 12

año	Producción de basura ton/año	Inversión inicial en \$	Gastos totales en \$ / año	Ingresos por la venta de productos \$ / año	Utilidad bruta en \$ / año	Coefficiente del valor actual al 12 % de interés	Utilidad a valor actual
1976	108 751	8 625 500.00	7 287 947.00	8 688 547.00	1 400 600.00		1 400 600.00
1977	114 298	--	7 655 680.00	9 126 695.00	1 471 015.00	0.892	1 313 616.00
1978	117 672	--	7 881 670.00	9 396 106.00	1 514 439.00	0.797	1 207 007.00
1979	123 749	--	8 288 708.00	9 881 357.00	1 595 649.00	0.712	1 136 102.00
1980	130 305	--	8 727 828.00	10 404 854.00	1 677 025.00	0.636	1 066 587.00
1981	137 091	--	9 182 355.00	10 946 716.00	1 764 361.00	0.567	1 000 392.00
1982	144 382	--	9 670 706.00	11 528 902.00	1 858 195.00	0.507	942 104.00
1983	153 048	--	10 184 175.00	12 141 032.00	1 956 857.00	0.452	884 499.00
1984	159 976	--	10 715 192.00	12 774 083.00	2 058 891.00	0.404	831 791.00
1985	169 243	--	11 335 896.00	13 514 053.00	2 178 157.00	0.361	786 314.00
Total	1 357 518		90 931 157.00	107 503 345.00	17 475 189.00		10 568 992.00

La recuperación de la inversión es factible a los 8.2 años y la relación beneficio / costo; es de:

$$65\,559\,383 / 54\,992\,401 = 1.2$$

5.5 ANALISIS ECONOMICO DE UNA PLANTA DE COMPOSTA COMO ALTERNATIVA 3.

En base a los factores expuestos anteriormente se consideró que el sistema de composteo por camellones es adecuado para satisfacer las necesidades de la ciudad de Veracruz.

Este tipo de plantas son modulares y procesan satisfactoriamente de 65 a 80 toneladas por turno y por líneas, tomando en cuenta que para realizar una "pepena" eficiente cada línea debe procesar un máximo de 80 toneladas por turno.

El proyecto de la planta se realizará en forma tal que permita procesar 320 ton/día y además que tenga una instalación capaz de aceptar una tercera línea en el futuro. Para lo cual se requieren dos bandas con capacidad aproximada de 80 ton/banda/turno.

La planta deberá localizarse en un terreno con superficie mínima de 10 hectáreas y debe situarse cuando menos 500 metros distante de las zonas habitaciones, pero lo suficiente cerca de los principales núcleos de generación de basura a fin de evitar largos y costosos transportes de las mismas.

Los costos de estas plantas varían según la compañía que las fabrique y se estiman entre 10 y 20 millones de pesos incluyendo la obra civil y el equipo móvil necesario. No obstante que al Municipio de Veracruz, Ver. le fue presentada una propuesta de la Cía. Swecomex, S.A., representante de la firma Gondar, será necesario que las autoridades

efectuen el llamado concurso para la adquisición de la planta a fin de obtener el costo exacto de la misma, por lo cual solamente se presenta una estimación de algunos costos de inversión y operación de la misma, en base a dicha propuesta y considerando las experiencias obtenidas en las plantas que actualmente operan en el país.

TABLA 4 - 13
COSTOS DE INVERSION

Concepto	Inversión inicial en \$	Periodo de depreciación en años	Depreciación \$ / año
Maquinaria	7 700 000.00	10	770 000.00
Obra civil	2 200 000.00	20	110 000.00
Equipo móvil y accesorios	1 650 000.00	5	330 000.00
TOTAL	\$ 11 550 000.00		\$ 1 210 000.00

Nota: no se incluyen los gastos financieros.

Estos costos se originan por los gastos de personal que en este tipo de instalaciones son los más onerosos y gastos varios como; mantenimiento, agua, electricidad y depreciación. Dichos costos se pueden resumir en la forma siguiente:

TABLA 4 - 14

PERSONAL INDIRECTO DE PRODUCCION

Ocupación	Sueldo mensual propuesto	4 turnos-banda 2 bandas-320 ton/día No. de personas	Erogación en \$ por año
Gerente	12 000.00	1	144 000.00
Superintendente	10 000.00	1	120 000.00
Jefe de turno	9 000.00	2	216 000.00
Contador	8 000.00	1	96 000.00
Op. de trascavo	4 000.00	2	96 000.00
Op. de grúa	3 500.00	2	84 000.00
Mecánicos	5 000.00	1	60 000.00
Ayud. mecánico	3 500.00	2	84 000.00
Electricista	5 000.00	1	60 000.00
Ayud. electricista	3 500.00	2	84 000.00
Soldadores	4 000.00	2	96 000.00
Choferes	3 500.00	4	168 000.00
Pesador y pagador	3 800.00	2	91 200.00
Almacenista	4 000.00	2	96 000.00
Fumigadores	4 000.00	2	96 000.00
Limpieza	2 250.00	4	108 000.00
Veladores	2 550.00	4	122 400.00
Enfermeras	3 500.00	2	84 000.00
Secretarias	3 500.00	3	126 000.00
TOTAL	\$ 94 600.00	40	\$ 2 031 600.00

TABLA 4- 15

PERSONAL DIRECTO DE PRODUCCION

Ocupación	Sueldo mensual propuesto en \$	4 turnos-banda 2 bandas-320 ton/ día No. de personas	Erogación en \$ /año
Mayordomo	4 000.00	2	96 000.00
Rechazo	2 250.00	4	108 000.00
Rec. de chatarra	2 250.00	4	108 000.00
Rec. de cartón	2 250.00	16	432 000.00
Rec. de papel	2 250.00	16	432 000.00
Rec. de plástico	2 250.00	16	432 000.00
Rec. de trapo	2 250.00	4	108 000.00
Limp. de trapo	2 250.00	4	108 000.00
Rec. de vidrio	2 250.00	4	108 000.00
Casf. de vidrio	2 250.00	2	54 000.00
Rec. de hueso	2 250.00	4	108 000.00
Op. de criba	2 250.00	4	108 000.00
Molienda fina	2 250.00	2	54 000.00
Empaque	2 250.00	2	54 000.00
TOTAL	\$ 33 250.00	84	\$ 2 310 000.00

TABLA 4 - 16

RESUMEN DE LOS COSTOS DEL PERSONAL

Concepto	Erogación en \$ año
Personal directo	2 310 000.00
Personal indirecto	<u>2 031 600.00</u>
Subtotal	4 341 600.00
30 % de prestaciones al personal	1 302 480.00
TOTAL	\$ 5 644 080.00

Fuente: Datos estimados

COSTOS VARIOS

Para calcular los requerimientos de energía eléctrica se consideró un consumo de 18 kw/ton de basura procesada y una capacidad instalada de 600 kw, habiéndose empleado la tarifa No. 8 de la C.F.E. (Dato proporcionado por el fabricante del equipo).

El costo de mantenimiento se estimó de \$ 6.50 /ton de basura, en tanto que para el agua, a pesar de existir una humedad relativamente alta se tomó de \$ 0.50/ton. Con estos y otros datos se estimaron los costos siguientes:

TABLA 4 - 17
COSTOS VARIOS

Concepto	Erogación en % /año
Energía eléctrica	490 000.00
Agua	54 400.00
Mantenimiento	707 200.00
Combustibles y lubricantes	140 000.00
Imprevistos (5.5% de los g. de op.	377 000.00
TOTAL	\$ 1 768 600.00

TABLA 4 - 18
RESUMEN DE COSTOS

Conceptos	Erogación
Costos totales del personal de producción	5 644 080.00
Costos varios	1 768 600.00
Depreciación	1 210 000.00
TOTAL	\$ 8 622 680.00

Fuente: Datos estimados

Los gastos de operación anual ascienden a \$ 8 622 680.00. El total de basura procesada al año es de 108 800 toneladas por lo tanto el costo será de \$ 79.253 /ton.

La estimación de los ingresos por la venta de subproductos, considerando esta al 100 % se ha presentado en la tabla 5-11 misma que asciende a \$ 8 688 547.00 o sea \$ 79.86/ton lo que proporcionaría una utilidad bruta de \$ 65 867/año equivalente a \$ 0.60 /ton.

ESTIMACION DE LOS INGRESOS POR LA VENTA DE LA COMPOSTA

La comercialización de la composta fuente importante de materia orgánica obtenida mediante el tratamiento técnico de los residuos sólidos vendría a coadyuvar en la solución de toda una gama de problemas que actualmente afronta el país. Dentro de este contexto es necesario citar aquellos que se encuentran relacionados con este producto como son: La contaminación ambiental, el aprovechamiento integral de los recursos, la fertilización y conservación de los suelos, el incremento en la producción agrícola, la generación de empleos, etc.

Para conocer la cantidad de composta que es factible obtener, se consideró el material composteable como el total de la basura recolectada menos los materiales recuperables y de rechazo aplicándose un factor de conversión del 65 %, obteniéndose:

Total de basura recolectada	320 ton/ día
Materiales recuperables	52.345 ton/día
Materiales de rechazo (15 % del total de la basura)	48 ton/día
	<hr/> <hr/>
	219.655 ton/día
Factor de conversión 65 %	0.65
	<hr/> <hr/>
Composta obtenida	142.775 ton/día
Equivalente a 48,543.755 ton/año	

En base a experiencias que se tienen de las plantas existentes en Guadalajara y Monterrey los precios de venta de composta son de \$ 70/ton y \$ 50/ton respectivamente tomando este último valor para realizar un cálculo conservador, los ingresos anuales que se obtendrían por este concepto ascienden a \$ 2,427,187.70

Ingresos por subproductos	\$ 8 688 547.00
Ingresos por composta	\$ 2 427 187.70
Ingresos totales	<hr/> <hr/> \$11 115 734.70
Egresos	<hr/> <hr/> 8 622 680.00
Utilidad bruta total	\$ 2 493 054.70
Equivalente a:	
Utilidad bruta	\$ 22.91 / ton

dores para los principales subproductos obtenidos. Además en caso necesario es factible enviarlos a los centros de consumo como: Puebla, D.F., etc. Por lo cual se considera que estos problemas serán mínimos.

Tomando valores promedio de los % de subproductos según los análisis efectuados en la ciudad (cap. 3). Así como el promedio de los precios a que se cotizan en el mercado local y considerando además que existe un factor de recuperación en banda para cada uno de los subproductos, al estimar su ingreso neto se tomaron como base de cálculo los factores obtenidos en las plantas de Guadalajara, Monterrey, D.F. y Toluca. En base a lo anterior se estimaron los ingresos por subproductos mismos que se presenta a continuación (tabla 4-11).

Por lo tanto los costos totales en la operación de la planta de reciclado combinada con relleno sanitario son:

Costos de operación del sistema de reciclado	\$ 6 614 518.00
Costos de operación del sistema de relleno sanitario	673 429.60
	<hr/>
Total equivalente a \$ 67 / ton	\$ 7 287 947.60

Considerando que los ingresos por la venta de subproductos, suponiendo esta del 100 % asciende a \$ 8 688 547.00/año lo cual permitiría obtener una utilidad bruta de \$ 1 400 600.00 lo que equivale a \$ 12.68/ton.

De los datos antes expuestos se puede observar que en las condiciones establecidas la operación de la empresa se efectuará arriba del punto de equilibrio. A continuación se presenta la proyección de los parámetros económicos para el tiempo de vida útil de la planta

T A B L A 4 - 18

año	Producción de basura ton / año	Inversión inicial en \$	Gastos totales en \$ / año	Ingresos por la venta de productos \$ / año	Utilidad bruta en \$ / año	Coficiente del valor actual al 12 % de int.	Utilidad a valor actual
1976	108 751	11 500 000.00	8 622 680.00	11 115 734.00	2 493 054.00		2 493 054.00
1977	114 298	--	9 058 116.00	11 676 683.00	2 618 567.00	0.893	2 348 854.00
1978	117 672	--	9 325 506.00	12 021 371.00	2 695 865.00	0.797	2 148 604.00
1979	123 749	--	9 807 108.00	12 642 197.00	2 835 089.00	0.712	2 018 583.00
1980	130 305	--	10 326 671.00	13 311 958.00	2 985 287.00	0.636	1 904 613.00
1981	137 091	--	10 864 461.00	14 005 216.00	3 140 755.00	0.567	1 780 808.00
1982	144 382	--	11 442 273.00	14 750 065.00	3 307 792.00	0.507	1 677 050.00
1983	152 048	--	12 049 804.00	15 533 223.00	3 483 419.00	0.452	1 574 505.00
1984	159 976	--	12 678 098.00	16 343 148.00	3 665 050.00	0.404	1 480 580.00
1985	169 243	--	13 413 015.00	17 291 155.00	3 878 542.00	0.361	1 400 153.00
Total	1 357 518		107 577 732.00	144 690 750.00	31 103 420.00		18 826 804.00

La recuperación de la inversión es factible a los 6.1 años y la relación beneficio/costo; es de:

$$83\ 876\ 728/65\ 786\ 368 = 1.3$$

En la tabla 4-19 se resumen los principales parámetros económicos de los tres métodos seleccionados.

TABLA 4- 19

CONCEPTO	Alternativa No. 1 Relleno Sanitario	Alternativa No. 2 Planta de reciclaje combinada con relleno sanitario	Alternativa No. 3 Planta para la elaboración de composta
Inversión Inicial	\$ 1 327 000.00	\$ 8 625 500.00	\$ 11 550 000.00
Depreciación anual	265 498.00	1 000 100.00	1 210 000.00
Costo total del servicio/año	805 709.00	7 287 947.00	8 622 680.00
Costo por ton	7.40	67.00	79.90
Ingresos totales/año		8 688 547.00	11 115 734.00
Ingresos por ton		79.60	102.80
Utilidad total/año	intangibles	1 400 600.00	2 493 054.70
Utilidad por ton	intangibles	12.68	22.9
Tiempo de recuperación de la inversión		8.2 años	6.1 años
Relación beneficio/costo		1.2	1.3

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- A).- El presente estudio nos ha permitido conocer en forma general la problemática relativa a la disposición de residuos sólidos en la ciudad de Veracruz, Ver. En base a ello se han planteado las soluciones técnica y económicamente más adecuadas.
- B).- Cualquiera de los métodos seleccionados debidamente aplicados, resolvería el problema integral de la ciudad. No obstante esto, la adopción de uno de ellos depende de toda una gama de factores que por su naturaleza caen fuera de las posibilidades del presente estudio, razón por lo cual no ha sido posible evaluarlos en el transcurso del mismo, de ellos pueden citarse los siguientes: La política de las autoridades municipales, la disponibilidad de recursos económicos, etc.

Además es digno de tomarse en cuenta algunos otros problemas como son: La dificultad que el aumento constante de los residuos sólidos presenta para su recolección y disposición a las diferentes empresas encargadas de ello, ya sean estas públicas o particulares y el alto costo que esto representa para la sociedad.

Es necesario hacer notar en forma muy especial la magnitud con que dicho problema afecta a quienes trabajan en este campo, o sea a las personas encargadas del servicio de limpia y reco-

lección de residuos sólidos (basuras), y específicamente a las gentes que se encuentran marginadas por la sociedad. Refiriéndonos a los "pepenadores" que son gentes que viven con sus familias en condiciones infrahumanas, dado que su vida se desarrolla en los mismos lugares destinados para tiradero a ciclo abierto.

Teniendo como techo barracas construidas con materiales obtenidos de las basuras y su alimentación la obtienen muchas veces de los residuos que les es posible conseguir directamente de las basuras y en ocasiones del poco beneficio que pueden obtener de la venta de aquellos materiales reprocesables que han logrado recuperar, siendo muy remota la posibilidad de que estas personas puedan elevar su nivel de vida y superar sus precarias condiciones de existencia.

- C).- Por lo antes expuesto es pertinente que dichos factores sean cuidadosamente evaluados y correlacionados con los que se han desglosado en el transcurso de este estudio y similares por las instituciones a quienes compete directamente el problema y discernir cuál es el método que más se ajusta a sus necesidades y posibilidades en forma tal que permita solucionar el problema integral de las basuras urbanas en la ciudad.
- D).- Es necesario hacer notar que debido a la complejidad de estos problemas su solución representa un grado de dificultad tal que

su obtención precisa de una verdadera labor titánica y conjunta de toda la sociedad.

E).- Ante estas circunstancias nos limitaremos solamente a enunciar las alternativas de disposición seleccionadas en orden decreciente, acorde a los resultados obtenidos en el análisis de alternativas a saber:

1o. Planta para la elaboración de composta.

2o. Planta de reciclaje combinada con relleno sanitario.

3o. Relleno sanitario.

mismas que harían más viable la solución de este vasto problema.

F).- La instalación de una planta permitiría obtener una disminución en los fletes que efectúan las unidades de recolección al tiradero, lográndose un ahorro considerable por este concepto. Así como un incremento en la eficiencia del sistema de limpieza y recolección, lo que se reflejaría en una disminución del costo por tonelada de basura recolectada.

5.2 RECOMENDACIONES

A).- Cualquiera de los métodos de disposición seleccionados que se adopte, deberá enfocarse como empresa de servicio y no de beneficio.

B) En caso de optarse por la instalación de una planta procesadora convocar al llamado concurso de adquisición de la misma, de forma tal que su diseño, fabricación y operación permitan superar los

problemas e inconvenientes que se han presentado en las plantas que actualmente operan en el país. Para lo cual deberá solicitarse la asesoría a las instituciones que se considere pertinente, de las cuales pueden citarse: SSA; CCIS; DDF. Las plantas procesadoras existentes en el país; Guanos y Fertilizantes, etc.

- C). - Antes o en forma simultánea al inicio de las operaciones deberá clausurarse el actual tiradero a cielo abierto.
- D). - Incinerar la basura proveniente de clínicas y hospitales.
- E). - Con el propósito de lograr la cooperación de toda la sociedad se recomienda el establecimiento de una campaña de concientización del público en pro de este programa, reorientando el ejercicio de las libertades por medio de la educación para fomentar el civismo y difundir la cultura, a través de estímulos para disminuir la migración y evitar las grandes aglomeraciones, mediante el convencimiento y la toma de conciencia de la bondad de nuestros mas altos valores para reducir la producción de residuos y con ello los problemas de contaminación ambiental.
- F). - Realizar un estudio de tiempos y movimientos con el objeto de maximizar la eficiencia y reducir los costos de operación del sistema de limpia y recolección de residuos sólidos.
- G). - El éxito de esta empresa dependerá en gran porcentaje de la participación que se obtenga de todas aquellas empresas, tanto públicas como privadas que de alguna forma estén relacionadas con este tópico in-

cluyendo la comercialización de los productos y subproductos de la planta a establecer por lo cual se recomienda buscar la mayor cooperación posible de dichas entidades.

H).- Dado que la comercialización de la composta es de vital importancia en el éxito de una planta de este género se recomienda dar atención especial a este renglón iniciando esta con un estricto control de calidad y complementándole con un fuerte programa de mercadotecnia tendiente a influenciar a los agricultores en pro de dicho producto mostrándole las ventajas de incorporar un mejorador de suelos de tipo orgánico a las tierras de cultivo.

I).- Se sugiere que las áreas a donde concurra el producto se encuentren en un radio menor de 200 km ya que transportes a distancias mayores generalmente resultan demasiado onerosos.

J).- Se recomienda que el producto se utilice con los fines siguientes:

- 1o. Por los agricultores para mejorar las propiedades de las tierras de cultivo.
- 2o. Por instituciones oficiales cuyos programas de actividades se encuentren relacionados con este producto como son: evitar la erosión y la salinidad de las tierras de cultivo, propiciar el incremento en la producción agrícola, así como en programas tendientes a dotar de áreas verdes las zonas urbanas.
- 3o. Por particulares en sus proyectos habitacionales y turísticos que requieran de zonas verdes.

4o. Considerar en forma muy especial la posibilidad de que GUANOS Y FERTILIZANTES DE MEXICO, S.A., incluya dicho producto en sus programas de actividades, para lo cual es necesario que este material permita ofrecer un verdadero beneficio al campesino mexicano.

K).- Además se recomienda y exhorta a toda la comunidad en general a emprender la noble labor de reincorporar a la sociedad a quienes actualmente se encuentran marginados, o sea, "Los pepenadores y sus familias" proporcionándole un medio de subsistencia más digno, como puede ser un empleo en la planta a establecer o mediante la creación de fuentes de trabajo que les permitan superar sus precarias condiciones de existencia y por lo tanto su nivel de vida.

L).- Finalmente hacer una exhortación a todas aquellas instituciones a quienes concierna el problema o similares a este, para que impulsen, promuevan y proporcionen los insumos necesarios a fin de que se realicen los trabajos de investigación y de campo a todos los distintos niveles en relación a las diferentes alternativas de disposición que así lo requieran y cuyas perspectivas permitan augurar buenos resultados.

TABLA 2.

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA DE 12 AÑOS Y MAS POR RAMA DE ACTIVIDAD SEXO Y GRUPOS QUINQUENALES

Municipio sexo y grupo quinquenal de edad	Total	Agricul- tura Ganadería Silvicultu- ra Pesca y Caza	Indus- tria del Pe- tro- leo	Indus- tria ex- trac- tiva	Industria de transfor- mación	Cons- truc- ción	Genera- ción y Distri- bución de Energía Eléct.	Comer- cio	Trans- por- tes	Servi- cios	Gobier- no	Insufi- cientemente especi- ficada
VERACRUZ												
Total de hom- bres y mujeres	68 639	4 129	951	93	13 762	3 710	573	10 434	4 280	20 777	4 722	5 208
de 12 a 14 años	822	61	---	2	95	23	1	175	4	381	5	75
" 15 a 19 "	8 085	496	78	11	1 490	376	35	1 683	177	2 895	265	679
" 20 a 24 "	11 124	506	131	12	2 381	543	103	1 816	449	3 616	748	819
" 25 a 29 "	9 502	452	145	15	2 137	539	99	1 320	584	2 882	715	614
" 30 a 34 "	8 075	411	120	7	1 904	484	91	1 025	579	2 315	576	563
" 34 a 39 "	7 821	472	127	11	1 679	484	73	1 065	652	2 159	592	507
" 40 a 44 "	6 178	363	114	8	1 246	395	48	1 858	550	1 661	490	445
" 45 a 49 "	5 183	321	84	12	1 032	305	42	1 696	443	1 472	372	404
" 50 a 55 "	3 563	273	45	4	584	186	29	1 544	291	1 060	293	290
" 55 y mas "	8 286	810	107	11	1 214	375	52	1 352	551	2 336	666	812
HOMBRES												
Total	50 997	3 799	874	77	11 900	3 569	553	7 293	4 050	11 136	4 138	3 608
de 12 a 14 años	464	51	---	1	76	22	1	138	4	122	3	46
" 15 a 19 "	4 785	433	60	8	1 214	344	33	1 890	150	1 058	220	375
" 20 a 24 "	7 284	452	116	8	1 984	498	99	1 032	389	1 562	631	513
" 25 a 29 "	7 174	410	131	10	1 897	523	96	1 931	552	1 573	624	427
" 30 a 34 "	6 475	388	110	6	1 721	475	85	1 777	556	1 423	499	435
" 35 a 39 "	6 207	439	118	11	1 478	476	73	1 819	627	1 288	521	357
" 40 a 44 "	4 994	344	108	8	1 094	390	48	1 673	528	1 046	418	337
" 45 a 49 "	4 125	305	81	11	899	293	41	1 526	426	911	331	301
" 50 a 54 "	2 846	218	44	3	502	180	28	1 425	283	682	264	219
" 55 y mas "	6 641	759	106	11	1 035	368	49	1 082	535	1 471	627	598
MUJERES												
Total	17 642	330	77	16	1 862	141	20	3 141	230	9 641	584	1 600
de 12 a 14 años	358	10	---	1	19	1	---	37	---	259	2	29
" 15 a 19 "	3 300	63	18	3	276	32	2	1 693	27	1 837	45	304
" 20 a 24 "	3 840	54	15	4	397	45	4	1 784	60	2 054	117	306
" 25 a 29 "	2 328	42	14	5	240	16	3	1 389	32	1 309	91	187
" 30 a 34 "	1 600	23	10	1	183	9	6	1 248	23	892	77	128
" 35 a 39 "	1 614	33	9	--	201	8	---	1 246	25	871	71	150
" 40 a 44 "	1 184	19	6	--	152	5	---	1 185	22	615	72	108
" 45 a 49 "	1 058	16	3	1	133	12	1	1 170	17	561	41	103
" 50 a 55 "	715	19	1	1	82	6	1	1 119	8	378	29	71
" 55 y mas "	1 645	51	1	--	179	7	3	1 270	16	865	39	214

APENDICE I

PRINCIPALES CARACTERISTICAS POR ENTIDAD FEDERATIVA,
MUNICIPIO Y GRUPO DE ACTIVIDAD

Datos referentes a 1970

Entidad Federativa, Municipio y Grupo de Actividad	Número de esta- bleci- mien- tos censa- dos	Personal ocupado total (prome- dio)	Renume- raciones totales al personal ocupado	Capital invertido neto	Activos fijos brutos	Inver- sión fija bruta	Producción bruta total	Materias primas y auxilia- res consumi- das	Otros insumos					
				AL 31 DE DICIEMBRE										
				M	I					L	L	A	R	P
VERACRUZ	470	10 354	297 721	1 931 679	1 585 900	60 344	2 166 041	986 286	398 659					
Explotación de canteras y extracción de arena, grava y arcillas; beneficio y fab. de prods. de tabaco; fab. de tex- tiles	4	133	1 964	10 239	3 753	403	7 076	2 700	592					
Manufactura de productos alimenticios	206	1 191	11 133	58 727	33 005	5 279	108 581	63 889	13 797					
Elaboración de bebidas	13	468	11 055	35 034	19 852	1 571	55 355	20 866	10 038					
Fabricación de calzado y prendas de vestir	60	122	519	1 260	811	40	4 154	1 822	102					
Industria y prods. de madera y corcho. Excepto muebles	23	71	563	1 011	869	27	2 251	951	120					
Fabric. de muebles y acceso- rios. Excepto los de metal	33	84	484	687	335	57	2 028	626	123					
Editoriales, imprentas e in- dustrias conexas	28	298	6 360	26 491	11 921	16	18 938	6 433	1 441					

Ind. y prods. de cuero, piel y materiales sucedaneos; fab. de maquinaria, aparatos, accesorios y arts. eléctricos y electrónicos; construc. ensamble, reconstrucción y rep. de equipo y material de transporte.	4	2 023	54 756	185 382	167 697	3 259	99 692	9 745	3 901
Fabricación y reparación de productos de hule	17	143	2 325	5 825	4 568	811	9 354	2 878	2 097
Fab. de sustancias y productos químicos	8	102	2 740	12 595	10 014	87	18 937	5 544	5 615
Fab. de otros productos de minerales no metálicos	19	259	2 935	12 431	10 786	2 381	18 113	8 153	3 660
Índust. metálicas básicas	6	3 815	169 830	1 206 279	1 204 583	46 358	1 613 118	794 171	309 816
Fab. de productos metálicos	29	1 519	31 776	370 919	113 539	10	199 349	66 610	46 513
Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria y equipo. Excepto la eléctrica.	12	110	1 204	4 677	4 110	761	8 688	1 775	821
Otras indus. Manufactureras	8	16	68	122	57	-----	407	123	15

APENDICE II

A continuación se presentan algunos datos de los principales parámetros meteorológicos cuyos valores son promedio de las observaciones realizadas durante 18 años en la estación meteorológica de Veracruz, Ver.

TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Med	21.5	22.	23.6	25.8	27.4	28.1	27.7	28.3	27.7	26.4	24.4	22.3	25.4
Máx	28.4	29.2	32.5	32.9	33.1	33.1	32.8	33.6	33.3	32.6	30.7	29.2	54.9
Min	13.5	14.4	16.8	20.0	21.2	21.9	21.7	22.1	22.0	19.9	17.7	15	12.7

LLUVIA MENSUAL REGISTRADA EN MILIMETROS

	18.3	18.8	25.5	18.4	61.7	316.8	452.2	215.3	335.7	187.0	58.6	24	1777
--	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------	----	------

LLUVIA MAXIMA REGISTRADA EN 24 HORAS EN MILIMETROS

	11.2	6.9	7.4	19.1	30.6	65.2	89.3	59.6	66.9	58.7	31.8	13.4	120.5
--	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

DATOS DE HUMEDAD RELATIVA EN %

Min	66	62	66	63	60	59	62	58	61	61	49	51
Med	82	78	80	78	78	78	79	75	75	76	71	74

DIRECCION DEL VIENTO Y SU VELOCIDAD MEDIA EN m/seg.

La velocidad media y la dirección dominante que se presentan a continuación son valores promedio de observaciones mensuales realizadas durante 18 años. La distribución de la dirección del viento se ilustra mediante la rosa de viento de la fig (1) (ref. 13 y 14).

E	27	12.60	3.2
N	83	38.18	4.0
NE	32	14.72	3.8
ESE	1	0.46	3.0
NNE	4	1.84	2.9
SSE	1	0.46	3.4
NNW	22	10.27	6.0
NW	20	9.34	5.7
ENE	25	11.67	3.7
SSW	1	0.46	5.1
-----		-----	
	216	100.00	

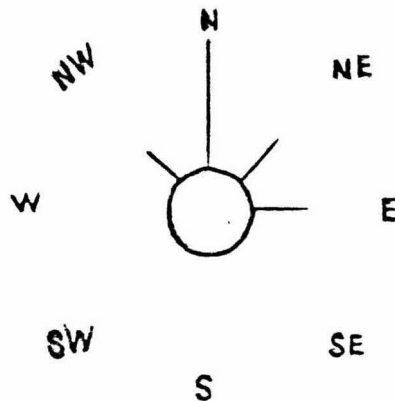


Fig. 1. Distribución de los vientos dominantes en el Puerto de Veracruz

BIBLIOGRAFIA

1. Jürgen Voigt. La destrucción del Equilibrio Biológico Ed. La Alianza.
2. Turk Turk Wittes. Ecología, contaminación, medio ambiente.
3. Salvat Enciclopedia Básica. Contaminación.
4. Donella H. Meadows. Los Límites del Crecimiento.
5. Rachel Carson Caralt. Primavera Silenciosa.
6. Francisco Vizcaino Murray. La Contaminación en México.
7. Robert Alex Baron. La tiranía del ruido. Fondo de la Cultura Económica Ciencia y Tecnología.
8. Oswald Spengler. The Decline of the west I (Nueva York. knopf 1961 (31 32).
9. Eugene Schwartz. Cambios Sociales Recursos y Tecnología.
10. Comisión Federal de Electricidad Boletín Meteorológico No. 2.
11. Porrúa Diccionario de Historia, Biografía y Geografía de México Tercera Ed. 1971.
12. Secretaría de Industria y Comercio Dirección General de Estadística IX Censo General de Población 1970.
13. Cout a Win Roses Water 18; 106-110. April 1965.
14. Tecnical Report Parkerburg W.Va Marietta Ohio Air Pollution Abatement Activity N.C.A.C. March 1967 pp.87
15. U.S. P.H.S. Bureau of Solid Wastes Management 1968 National. Solid Wastes Survey.
16. S.S.A. Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente. Análisis para el establecimiento de una planta industrializadora de residuos sólidos en Veracruz, Ver.

17. S.S.A. Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente. I Reunión Nacional sobre Problemas de Contaminación (Memorias) 1973.
18. Albert J. Rlee and Dennis Carruth Sample Weights in Solid Wastes Composition Studies Journal of the Sanitary Engineering Division proceedings of the American Society of Civil Engineers.
19. S.M.A. Técnicas de evaluación de los sistemas de manejo de desechos sólidos, México 1974.
20. S.S.A. Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente. Muestreo y Análisis (memorias Feb. 1975).
21. Programa del Mejoramiento del Ambiente. Mexico PUND. Memorias Nov. 1975.
22. Guanos y Fertilizantes de México, S.A. Métodos de Análisis Físicos y Químicos de Suelos utilizados en el laboratorio de la Sección de Edafología. Dic. 1972.
23. Perkin-Elmer Análisis of soils Exchangeables cations March. 1971.
24. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Métodos Físicos y Químicos de Análisis de Suelos y Aguas.
25. Drobny N.L. Hull J. E. S. Testin R. F. Recovery. Utilización of Municipal Wastes Management office. Report S.W. 10 c. Cincinnati 1971.
26. Hermilo Leal, Oscar Monroy. Disposición final de los residuos sólidos Municipales en el Puerto de Acapulco. Tesis Profesional. Fac. de Química 1974.

27. Janach H. W. et al Microbial Degradation of organic water in the Deep Sea Ciencia Feb. 1971.
28. Smith D.C. Brown. R.P. Deep Sea Diposal of Liquid & Solid Wastes Ind. Water Eng Sep. 1970.
29. Mekee. J.E. Disposal of Liquid & Solid Wastes.
30. Municipal Refuse Disposal Institute for Solid Wastes of American Public Works Association Chicago, Illinois.
31. Ministerio de Salud pública Servicio cooperativo Interamericano de Salud. Publica Depto. de Ingeniería Sanitaria Bogotá, Colombia. Basuras métodos de recolección y Disposición.
32. Juan B. Schwarz. Reciclado de desperdicios con producción de vapor. (memorias del 2o. Simposio y exposición de equipo sobre contaminación ambiental Monterrey, N.L. Marzo. 1973.
33. Gondard. Ibérica Eliminación de las basuras urbanas. Barcelona 1973.
34. Enviromenal Science & Technology. Vol. 2 Number 11 Nov. 1968 D.A. Hoffman R. a Fitz Bach. Retort Pyrolysis of Solid Municipal Wastes.
35. Drobny, N.L. Hull J. E. & Testin R.F. Recovery & utilization of municipal Solid Waste Management office Report SW 10C Cincinat 1971.
36. Rodolfo Trejo Vázquez Obtención de Material útil a partir de la basura tesis profesional ITC.

37. Municipal Refuse Disposal Prepared by the American public works association.
38. Humberto Romero Alvarez Métodos de Saneamiento Urbano para la Erradicación de basuras y Desperdicios Sólidos. Tesis Profesional UNAM. Fac. de Ingeniería.
39. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Industrialización de residuos sólidos en áreas metropolitanas.