

155 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE RESIDUOS ORGANICOS COMO ALIMENTO ALTERNATIVO PARA GANADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

GABRIEL TORRES FUENTES

TESIS CON
DIPLOMA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.



2002.

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA



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:

Presidente: Prof. DURÁN DOMÍNGUEZ MA. DEL CARMEN
Vocal: Prof. GALDEANO BIENZOBAS CARLOS
Secretario: Prof. RAMÍREZ BURGOS LANDY IRENE
1er. Suplente: Prof. LUNA PABELLO VICTOR MANUEL
2º. Suplente: Prof. RODRÍGUEZ RIVERA FERNANDO DE JESÚS

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**FACULTAD DE QUÍMICA****ASESOR:****RAMÍREZ BURGOS LANDY IRENE****FIRMA:**  _____**SUSTENTANTE:****TORRES FUENTES GABRIEL****FIRMA:**  _____

"El día que la mierda valga algo, los pobres nacerán sin culo..."

**Carlos Monsiváis.
(De su extinta columna "Por mi madre Bohemios")**

“Ningún hijo de puta que haya ganado el Nobel ha escrito después algo que valga la pena leerse”.

**Ernest Heminway
(Ganador del premio Nobel de literatura por *El viejo y el mar.*)**

A mi padre:

Porque con su mal ejemplo me ha enseñado todo lo que no quiero ser en la vida

A mi madre:

Por su apoyo desde pequeño en todos los momentos difíciles de mi vida, aún en aquellos en los que no ha estado de acuerdo con las decisiones que he tomado

A mis abuelos maternos:

Que me enseñaron el valor de una familia nuclear con cariño y amor y cómo esta puede contribuir al pleno desarrollo de un individuo maduro y responsable en todos los sentidos de la palabra (de lo que por cierto, en ocasiones he hecho caso omiso)

A mi maestra de primer grado de primaria:

Porque es la persona más olvidada en momentos como éstos; por haber tenido la paciencia de enseñarme el valor de las letras y las palabras, de los símbolos y de los números; todo sin lo cual no habría podido apreciar el universo que me rodea

A todas las mujeres con las que he compartido el tálamo:

Porque con ellas aprendí a disfrutar los placeres más mundanos que hacen precisamente humana la vida, placeres que también —irremediabilmente— son contiguos a los dolores y pesares de la misma existencia.

A Edith:

Porque a pesar de estar loca, ha sido la primer mujer en comprenderme hasta donde pensé que ninguna mujer podría hacerlo.

A la Dra. Carmen Duran y a la maestra Landy Ramírez:

Por su paciencia al revisar y colaborar en la edición de este texto que tanto representa para mí.

Al EPAT (Equipo de Promotoras Ambientales de Texalpa):

Por ayudarme a realizar las pruebas piloto descritas en este trabajo; sin ellas no tendría hoy la certeza de que verdaderamente es viable un proyecto de este tipo.

***A todos mi alumnos:
(en especial a Héctor)***

Porque gracias a ellos he podido dedicarme a lo que realmente me gusta sin tener que depender de un horario ni renunciar a mis sueños en un mar de desilusiones.

Al Ingeniero Carlos Galdeano y al Dr. Chema García Sainz:

Porque desde que fui su alumno, sentí la inquietud de hacer algo por mi mismo en lugar de esperar que otros lo hagan por mí.

A los malos profesores que me encontré en la carrera:

Gracias a que muchos ellos sólo cobraban su cheque cada quincena me fui haciendo más autosuficiente académicamente.

A mis entrañables amigos y en ocasiones compañeros de parranda:

Gabriel, Víctor, Rafael, Leonardo, Antonio....

A mis hermanos menores:

Nomás

ÍNDICE

	página
Índice de tablas y gráficas	5
Glosario de términos	8
Resumen	12
I Justificación y objetivos	16
II Introducción	18
III Definiciones y marco histórico del problema	22
III.1 Residuos sólidos municipales	26
III.2 Generación y composición de los desechos	27
IV Breve retrospectiva de los métodos de tratamiento y disposición final	32
IV.1 Relleno sanitario	33
IV.2 Incineración	34
IV.3 Reciclaje	36
IV.4 "Composteo"	38
IV.5 Pirólisis	40
V Consideraciones experimentales	42
V.1 Diseño de la experiencia	43
V.2 Parte experimental	44
VI Análisis de resultados experimentales	48
VI.1 Discusión	49
V.I.2 Experiencia a nivel piloto	52
V.I.3 Conclusiones de esta fase experimental	57
V.I.4 Recomendaciones	58
VII Prospecciones económicas	64
VIII Conclusiones	80
IX Bibliografía	82

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla 1	Evolución de la generación y composición de los RSM en México	28
Tabla 2	Eficiencia en la recolección y disposición final de los RSM en la zona metropolitana	30
Tabla 3	Tipo de residuos y estrategias de aprovechamiento	37
Tabla 4	Sitios de potencial aprovechamiento para residuos orgánicos	43
Tabla 5	Experiencias comparativas de secado	46
Tabla 6	Harina vegetal, caracterización fisicoquímica y microbiológica realizada por la Dirección Técnica de Desechos Sólidos del entonces DDF (Santos-Pérez y Flores-Valenzuela, 1992)	50
Tabla 7	Especificaciones de calidad para la industria de alimentos balanceados y características de la harina vegetal de la Dirección Técnica de Desechos Sólidos del entonces DDF (Santos-Pérez y Flores-Valenzuela, 1992)	51
Tabla 8a	Análisis bromatológico realizado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM	56
Tabla 8b	Análisis energético realizado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México	56
Tabla 9 (a)	Estimación de la demanda ganadera por granos forrajeros, en miles de toneladas (SAGARPA, 2001)	67
Tabla 9 (b)	Estimación de la demanda ganadera por pastas oleaginosas, en miles de toneladas (SAGARPA, 2001)	67
Tabla 10	Perspectiva de venta de la harina forrajera	70
Tabla 11	Ventas brutas y netas estimadas de harina forrajera	72
Tabla 12	Inversión fija directa	73
Tabla 13	Erogaciones por concepto de arrendamiento del inmueble	74
Tabla 14	Capital de trabajo estimado	75
Tabla 15	Costos de producción	76
Tabla 16	Gastos fijos estimados	77
Tabla 17	Estado de resultados del 1 de enero al 31 de diciembre de cada año	78
Figura 1	Instalación rústica para el aprovechamiento de desperdicios alimentarios	59
Figura 2	Instalación semi-mecanizada para el aprovechamiento de desperdicios alimentarios	61
Figura 3	Instalación mecanizada y semi-automatizada para el aprovechamiento de residuos	63
Gráfica 1	Composición de los RSM en México 1991	29
Gráfica 2	Composición de los RSM en México 1994	30
Gráfica 3	Ejemplo de carta psicrométrica a 1 atmósfera	47
Gráfica 4	Estimación de la demanda de granos forrajeros: Aves, carne	68

Gráfica 5	Estimación de la demanda ganadera de granos forrajeros:	68
	Cerdos	
Gráfica 6	Diagrama de proceso	71

GLOSARIO DE TÉRMINOS¹

¹ Definiciones tomadas de Valiente-Barderas 1990, Deffis-Caso 1989, Sax-Lewis 1993

Activo fijo

Algo de valor que se posee; capital que no puede convertirse rápidamente en dinero, tal como equipo, edificios, cuentas por cobrar a largo plazo, etc.

**Biodegradación
(biodegradable)**

Dícese de los procesos químicos que son realizados por los microorganismos donde las sustancias se convierten en moléculas químicamente estables

Biogás

Gases, entre ellos el metano, generados a partir de la conversión microbiológica de sustancias inorgánicas y orgánicas más complejas

Carcinógeno

Que produce cáncer

Centrifugación

Operación que tiene por objeto separar un sólido fino suspendido en un líquido mediante un tamiz o filtro que sólo permita el paso del líquido a través de la superficie filtrante por efecto de la fuerza centrífuga mientras que el sólido queda retenido. Por extensión, la separación de dos fases aprovechando sus diferencias de densidad

Composta (Proceso de)

Descomposición por bacterias aerobias o anaerobias de desechos orgánicos sólidos, tanto agrícolas como urbanos, incluyendo barros o lodos de alcantarillas. Es un término derivado del latín *compositum*, compuesto, que ha sido usado ampliamente en la literatura técnica para designar a los productos de una degradación por los microorganismos donde las sustancias se convierten en moléculas químicamente estables.

Cuerpo negro

Se denomina así al cuerpo que absorbe toda la energía que incide sobre de él

Depreciación

Decrecimiento en el valor que toma en cuenta el desgaste que sufren los edificios, equipos y otros objetos que forman parte de la planta de proceso y que requieren de una inversión inicial. En muchos casos el estado fija el tiempo en que se deprecia el equipo o los edificios. Generalmente la tasa de depreciación de los equipos es de 10% anual.

Dioxinas

Nombre comúnmente aceptado, aunque químicamente impreciso, para varios compuestos, entre ellos 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD), que es sólo

uno de más de 70 miembros de la familia de las dioxinas cloradas. Es un carcinógeno, teratógeno y mutágeno

Efecto invernadero

Aumento gradual de la temperatura global media debido a la absorción de radiación infrarroja por cantidades crecientes de dióxido de carbono u otras sustancias en el aire que retardan la disipación del calor de la superficie de la Tierra

Escorias

La capa superior de las dos de masa fundida formadas durante las operaciones de fusión o de refinado de metales. En las de fusión contiene la ganga de los minerales y el fundente; en las de refinado las impurezas oxidadas. Por extensión, se nombra así a los residuos sólidos generados en un proceso de incineración

Furanos

Compuestos heterocíclicos, inflamables que forman peróxidos en el aire y se absorben por la piel

Geomembrana

Polímero sintético de alta densidad utilizado en el diseño de celdas de relleno cuya función es evitar el paso de líquidos a las capas inferiores de la tierra y por ende, la contaminación de las aguas subterráneas

Horno

Aparato de forma muy variada, que se utiliza para transformar y trabajar, con la ayuda del calor las sustancias minerales u orgánicas

Lixiviados

Se dice de todos aquellos productos líquidos resultado de las reacciones de descomposición de la basura, que generalmente arrastran o disuelven a su paso los contaminantes presentes en el sitio donde están depositados o acumulados. La lixiviación es una operación unitaria en la cual se extrae un componente de una mezcla por exposición a uno o más disolventes

Manto freático

Depósito subterráneo de agua formado como consecuencia de los escurrimientos y filtraciones naturales en la tierra al llegar a zonas de roca madre impermeable

Molino de martillos

Máquina que se utiliza para moler material granuloso o material fibroso. Tiene una serie de piezas pesadas de metal (martillos) unidas a un disco que gira a gran velocidad y los arroja contra una coraza. Los martillos golpean fuertemente el material mandándolo a un plato rompedor hasta que éste esté lo suficientemente fino como para pasar a través de la malla que se encuentra en el fondo

Mutagénico

Cualquier compuesto químico o tipo de energía que produzca mutaciones en el DNA y/o en las células vivas

Operaciones unitarias

Manipulaciones cuya característica es que los materiales sufren cambios químicos, y físicos, tales como cambio de estado, concentración, presión y temperatura [destilación, absorción, evaporación, filtración, extrusión, etc] y que ocurren bajo los mismos principios independientemente de las materias primas

Oxidación

Pérdida de hidrógeno o la introducción de oxígeno en la molécula de ciertos compuestos. En un sentido más general, la oxidación está ligada a las reducciones (procesos Redox) mediante la transferencia de electrones o la pérdida de electrones sufrida por un átomo o ión

Reciclar-Reciclaje

Práctica de devolver una parte de los productos de reacción al inicio del sistema

Relleno sanitario

Obra de ingeniería que tiene como propósito disponer adecuadamente de los residuos urbanos sin provocar impactos sensibles en el entorno

Rentabilidad

Relación entre el beneficio y el capital; en su forma más sencilla, es la relación entre el beneficio deducido de impuestos, pero antes de pagar dividendos, y el activo total, expresando dicha relación como un porcentaje.

Residuos

Lo que sobra de algo; generalmente se les llama así a los materiales sobrantes de un proceso y que no pueden ser incorporados al mismo.

RSM

Abreviación de residuos sólidos municipales

SAGARPA

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Teratogénico

Agente que provoca anomalías del crecimiento en los embriones y modificaciones genéticas en las células.

RESUMEN

El aprovechamiento de los excedentes y subproductos agrícolas desde los inicios de las civilizaciones dio origen a diversas industrias tales como la cervecera, peletera, alcoholera, forrajera y otras que hoy se encuentran perfectamente tecnificadas. Es común ver junto a grandes fábricas procesadoras de alimentos de consumo humano otras factorías que aprovechan y transforman los desperdicios y subproductos provenientes de las primeras incrementando de esta manera la rentabilidad y las ganancias del grupo industrial al que pertenecen. El presente trabajo consiste en una experiencia tanto a nivel micro como a nivel semindustrial referente al aprovechamiento de los residuos provenientes de fuentes específicas y, por lo tanto, aprovechables; esto es, de la industria restaurantera y de comercialización de alimentos sin procesar, en particular. En primera instancia se analiza la problemática generada por el volumen de este tipo de residuos a nivel nacional así como una revisión de los métodos de disposición final tradicionales de la basura en su conjunto que, hoy por hoy ya no parecen ser del todo viables frente al ritmo de crecimiento de la fracción orgánica y la práctica inexistencia de alternativas para su reúso o reciclaje. En la experiencia a nivel micro se estudió la posibilidad de obtener un material que fuera estable y fácil de manejar a condiciones ambientales, tomando como referencia un trabajo previo realizado en 1992 por las autoridades del entonces Departamento del Distrito Federal. Con apoyo de una organización no gubernamental se hizo una experiencia a nivel planta piloto en el Estado de Morelos incorporando secadores rotatorios de acero inoxidable y molinos de martillos. Esta experiencia permitió conocer las dificultades e inconvenientes de los métodos propuestos y estimar de manera inicial los costos involucrados en el diseño de un negocio formal. El análisis económico aquí presentado es preliminar, dadas las condiciones en las que fue realizado con datos cambiantes respecto a las variables macro económicas, cotizaciones directas de los equipos, estimaciones con gran incertidumbre, etc. Se consideraron 20 T/mes de residuos y los costos de inversión fija de \$543,541. Para ellos, la rentabilidad obtenida por la venta de las harinas producidas es de 28.12 % y el tiempo requerido para recuperar la inversión es de 2.4 años.

toxicidad del mismo. La caracterización nutrimental se realizó por parte de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Para la cuestión toxicológica se suministró el producto a aves y cerdos y se observaron posibles resultados adversos. El no haber tenido resultados adversos, se puede tomar como un indicio de la viabilidad de un proyecto de este corte y como incentivo para realizar investigaciones más profundas.

I. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo es el resultado de la aplicación de principios tan sencillos como la ley de la conservación de la materia o la primera ley de la termodinámica a un prototipo de sistema que permita revertir el impacto ambiental causado por los residuos orgánicos de tipo municipal y convertirlos en un bien de consumo intermedio aprovechando sus características inherentes, las cuales de entrada le adjudican un aparente valor comercial cero.

La propuesta se sitúa en la perspectiva de incorporar valor agregado a aquello que ya no lo tiene por medio de operaciones unitarias sencillas como son la molienda y el secado del material de desecho. En rigor, el aspecto medular de la discusión girará en torno a la descripción de un sistema que permita lograrlo, así como de las expectativas de poder llevar a cabo el proceso a escala semi-industrial y algunas de las repercusiones de tipo ambiental y económico en que puede derivar su implementación.

En concordancia con lo anterior, se pueden plantear los siguientes objetivos en torno a esta problemática:

1. - Realizar una breve revisión de los métodos de tratamiento de residuos sólidos municipales.
- 2.- Estimar, de acuerdo a datos en la literatura, la cantidad generada de este tipo de residuos en la Ciudad de México y el costo que tiene su manejo para el gobierno, de acuerdo a los métodos que utiliza.
- 3.-Proponer, de manera teórica, un método de reciclaje de la porción orgánica que permita su reaprovechamiento en función de sus características intrínsecas.
- 4.- Obtener, de manera experimental, a nivel piloto un producto de consumo de acuerdo con la metodología propuesta teóricamente.

5.- Elaborar una prospección acerca de su factibilidad técnica y económica a una mayor escala, mediante un estudio "grosso modo" de prefactibilidad.

II. INTRODUCCIÓN

La generación de basura en cualquier población se encuentra relacionada directamente con su densidad poblacional y su desarrollo industrial y económico. En la Ciudad de México, la urbanización creciente e incontrolable trae consigo problemas que no pueden soslayarse, entre ellos la contaminación del medio. Por ende, es necesario tomar medidas para contrarrestar el efecto que este hecho entraña.

Una fuente de contaminación son los residuos sólidos, constituidos por una gran diversidad de materiales que puede clasificarse por su origen, en principio, como orgánicos e inorgánicos.

En los residuos sólidos municipales existe una porción importante de material orgánico que, como tal, no tiene ningún valor de reuso y es foco de atracción de fauna nociva por representar un alimento en abundancia. Se estima que tan sólo en el D.F. se generan, según datos del GDF, cerca de 15,000 toneladas diarias aunque se presume que la cantidad real supera cuando menos en un 50% a la oficial (Deffis-Caso, 1989). Cálculos conservadores sitúan la porción orgánica que nos ocupa en un 60% del volumen total.

El instituto Nacional de Ecología estima que, durante un año, en México se generan alrededor de 30 millones de toneladas de basura, de las cuales sólo cinco (16.6 por ciento) reciben un manejo adecuado y son enviadas a rellenos sanitarios. De ese total, las autoridades municipales recolectan 21 millones de toneladas, mientras que los nueve restantes se quedan en los cauces de los ríos, arroyos o en las calles; 16 millones de toneladas se depositan en tiraderos a cielo abierto. El 25% de los desechos nacionales se genera en la Ciudad de México (Santos-Pérez y Flores-Valenzuela, 1992).

En términos económicos, el mismo Instituto reporta que para atender el problema de la basura que es dispuesta en tiraderos a cielo abierto es necesaria

una inversión de 6 dólares americanos por tonelada; en términos globales afirma que para atender el déficit en el manejo de la basura, se requieren 684 millones de dólares al año, de los cuales 240 corresponden a la recolección y el transporte, y 444 a la instalación de rellenos sanitarios.

Al tratar de identificar los impactos al medio se puede hacer una clara distinción entre los componentes de la basura; si bien es considerable el impacto visual ocasionado por los desperdicios inorgánicos cuya característica principal es tener una baja densidad —a excepción de los metales— y, por ende, a ocupar mucho volumen, los efectos más significativos provienen de las basuras orgánicas, a saber:

- Olores.
- Lixiviados.
- Atracción de fauna nociva.

Esta fracción orgánica, que será el objetivo de esta investigación, la constituyen todos los desechos de origen vegetal y animal. Sus fuentes generadoras son muy diversas, tanto como las de los componentes inorgánicos, pero con la peculiaridad de que su valor de reuso es casi nulo, salvo contadas ocasiones (muy específicas por cierto) (Solís-Fuentes, 1998). En contrapartida, encontrar mercado para los metales (en especial los no ferrosos), los derivados de celulosa como papel, cartón, etc e inclusive para el vidrio o las resinas plásticas recicladas resulta relativamente fácil, no obstante que el costo de manejo es alto debido a su bajo precio (Santos-Pérez y Flores-Valenzuela, 1992).

El valor de los desperdicios orgánicos debe buscarse a través de sus propiedades intrínsecas como alimento potencial transformado mediante operaciones unitarias que eliminen los impactos al medio y faciliten su manejo. Muchos de estos residuos pueden ser los insumos para una gran variedad de

agroindustrias. Las agroindustrias, que son las entidades industriales que procesan recursos naturales de origen biológico son, en muchos casos, el eslabón indispensable entre el proceso de producción primaria de los bienes y el consumo de los mismos (Solís-Fuentes, 1998). En adelante, se discutirán cuáles son las premisas que permitirían la implementación de un sistema de aprovechamiento de este tipo de materiales.

III. DEFINICIONES Y MARCO HISTÓRICO DEL PROBLEMA

III.1 Marco histórico

La historia de la problemática asociada a la basura en la Ciudad de México es tan antigua como la misma Ciudad; desde que los aztecas poblaron el lago sobre el cual hoy en día se asienta la urbe más grande del mundo se sabe que disponer de los desperdicios sólidos representó un gran problema. En la Colonia, se conoce que los diferentes gobiernos virreinales habían dispuesto ya de una oficina encargada de la recolección y limpia de las calles. A partir de entonces y casi hasta nuestros días, la forma más común de deshacerse de la basura fue en los tiraderos a cielo abierto, lejos de las grandes concentraciones poblacionales. Muy famosos fueron los tiraderos de Santa Cruz Meyehualco y Santa Fe; inclusive sobre este último, se asienta el hoy ya clausurado relleno sanitario de "Prados de la Montaña", donde se ha construido todo un complejo comercial que compite con los del llamado primer mundo.

A partir de la llegada de los españoles es tradicional en México manejar los desechos en forma arbitraria, con lo que se complican las posibilidades de reutilización o reciclaje y se crean problemas de salud pública, de contaminación ambiental, de economía y de disgusto e inconformidad en la sociedad.

En la época prehispánica, afirma el padre Francisco Javier Clavijero, bajo el gobierno de Moctezuma Xocoyotzin, no había en la ciudades una sola tienda de comercio, no se podía vender ni comprar fuera de los mercados y, por tanto, nadie comía en las calles, ni se tiraban cáscaras ni otros despojos y había más de mil personas que recorrían la ciudad recogiendo la basura. Dicen los cronistas que los servicios urbanos de limpia y recolección de basura estaban mejor organizados que ahora y el suelo no ensuciaba el pie desnudo, además de que los habitantes estaban habituados a no tirar nada en la calle (Deffis-Caso,1989).

En el año de 1787, las calles de México eran intransitables por el desaseo y la falta de limpieza; había basura y los caños estaban llenos de lodos pestilentes;

en casi todas las calles se veían muladares o basureros ya que la basura se arrojaba en la vía pública y no había quién la recogiera.

En consecuencia, el Virrey Revillagigedo hizo reglamentaciones municipales para barrer y regar las calles, estableciendo que la basura fuera recogida por carros tirados por mulas, con lo cual se evitó que los basureros continuaran en las calles. Treinta y cinco años después, en el año de 1824, las medidas dictadas por Revillagigedo habían dejado de aplicarse, por lo que el Coronel Melchor Múzquiz, Jefe Superior Político interino de su provincia, establece nuevas reglamentaciones:

"...viendo que las medidas dictadas con anterioridad dejaron de observarse, el Ciudadano Melchor Múzquiz, Coronel del Ejército, Teniente Coronel Mayor de Naciones de Infantería de esta capital y Jefe Superior Político Interino de su Provincia expide las siguientes providencias:

"...y conociendo que el mal procede no menos del olvido de las oportunas providencias que se han dictado en diversos tiempos para mantenerla limpia, aseo y orden en las calles y demás parajes públicos, que de la lenidad o disimulo en imponerse a los contraventores las multas y penas establecidas, tal vez por el errado concepto de creer los incombustibles con el sistema liberal que rige, tuve a bien nombrar una comisión para proyectar y propusiera las medidas que convendrían tomarse a objeto tan interesante...

"...en consecuencia, acuerdo que se observen, guarden y cumplan invariablemente en esta Capital bajo las penas que se expresan en los artículos siguientes...

19º. Siendo del cargo del asentista de la Limpia tener en corriente y bien operados los carros estipulados en su contrato deberá con arreglo a ella hacer que todos estén numerados y que mañana y noche salgan a las horas y por los rumbos

designados, a recoger por las calles las basuras e inmundicias, llevando unos y otros la campanilla que tocarán los carretoneros para que sirvan de aviso al vecindario y además aguardarán el tiempo suficiente para que puedan acudir con las basuras y vasos haciendo las paradas que según la longitud de las calles precisas entendidos que se les escarmentará si faltasen a su obligación o se desacomodiesen con los vecinos... y siendo todas las providencias asentadas tan interesantes al público se espera que todos contribuyan a su observancia, sin dar lugar a que las autoridades encargadas de objeto tan saludable, se vean en la obligación de imponer las penas designadas, y para que llegue a noticia de todos y nadie pueda alegar ignorancia, mando de acuerdo con el Ayuntamiento se publique el presente y se fije en los lugares acostumbrados y es fechado en México el 3 de enero de 1824" (Deffis-Caso,1989).

Es importante señalar que estos son los primeros reglamentos que establecen multas a las personas que arrojen basura.

En el año de 1884 el servicio de limpia contaba con 83 carros, 43 pipas y 136 mulas. distribuidos entre las ocho inspecciones de policía. De esta manera, por primera vez, el servicio se descentraliza en virtud de que era sumamente imperfecto, porque la ciudad ya era muy grande y los carros no podían recorrerla eficientemente, con la agravante de que el tiradero estaba en uno de los extremos de la ciudad.

Para el año de 1936, el servicio de limpia contaba con 2,500 empleados. Dos años antes se había formado el sindicato de limpia y transportes y el equipo con el que contaba se componía de camiones tubulares; carros de volteo de 7 y 20 toneladas. Los carros tirados por mulas cubrían el servicio en la periferia de la ciudad.

Ya en 1940 se hablaba de reciclar o industrializar la basura, de los problemas de contaminación del suelo, aire y agua, y de la necesidad de que los

tiraderos quedaran lo más apartado de la ciudad. En el año de 1941 se promulgó el primer reglamento de limpia.

A principios de los sesentas se creó la Dirección General de Servicios Urbanos del D.F., de la que depende la oficina de Recolección de Desechos Sólidos. Al final de esta misma década, desapareció la mencionada Dirección General para surgir nuevamente a principios de los ochenta.

III.2 Definiciones

Para fines operativos, se pueden introducir los siguientes conceptos:

III.2.1 Residuos sólidos municipales (RSM)

Son los residuos provenientes de actividades que se desarrollan en casas-habitación, sitios de servicios privados y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso son considerados como residuos sólidos municipales (RSM) (Seoanez-Calvo, 1998).

III.2.2 Residuos "inorgánicos"

Son los materiales provenientes de procesos productivos que han modificado su composición de tal suerte que su degradación es muy lenta, en general, se acepta que son todos aquellos que no contienen carbono, lo cual en ocasiones no es muy cierto, particularmente al referirse al papel y a los plásticos. Como regla general puede decirse que todos los materiales de empaque de los bienes finales de consumo tales como cartón, papel, plásticos de todo tipo, metales ferrosos y no, vidrio, etc, son materiales "inorgánicos".

III.2.3 Residuos orgánicos

En contraparte, los residuos orgánicos son todos aquellos en cuya composición está presente el carbono, no obstante que para los fines que se persiguen aquí se

entienden como aquellos que provienen de organismo vegetales y animales y cuya biodegradación ocurre en un periodo de tiempo muy corto.

III.2.4 Residuos aprovechables

Son los que tienen un valor de aprovechamiento en función de sus características nutrimentales intrínsecas, energéticas (en el caso de las grasa y aceites) o utilitarias si se consideran las pieles, cerdas, plumas y pelos, huesos, pezuñas y cascotes de animales o sus desperdicios, y que provienen del aprovechamiento y transformación de los alimentos, ya sea de la industria o del consumo humano directo, lo que incluye aquellos provenientes de las casas habitación.

III.2.5 Residuos no aprovechables

Son aquellos cuyas propiedades no permiten su aprovechamiento ya sea por carecer de valor alimenticio (como en el caso de los residuos provenientes de jardinería) o por contaminarse durante su generación o manejo con sustancias tóxicas o bien, que por su avanzado estado de descomposición, no resulta conveniente ni rentable su recuperación.

III.3 Generación y composición de los desechos

Los problemas que enfrenta el manejo de los RSM se han agudizado en México, dada la transformación de la sociedad de agraria o agraria-industrial a industrial-agraria, y el elevado índice de crecimiento urbano; siendo en este ámbito en donde se presentan las condiciones más graves y el mayor riesgo de salud pública. Se estima que, en 1994, la generación de basura per cápita promedió 0.893 kg/día. Además, en los últimos años, la basura pasó de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa y parcialmente no biodegradable (51% sigue siendo materia orgánica).

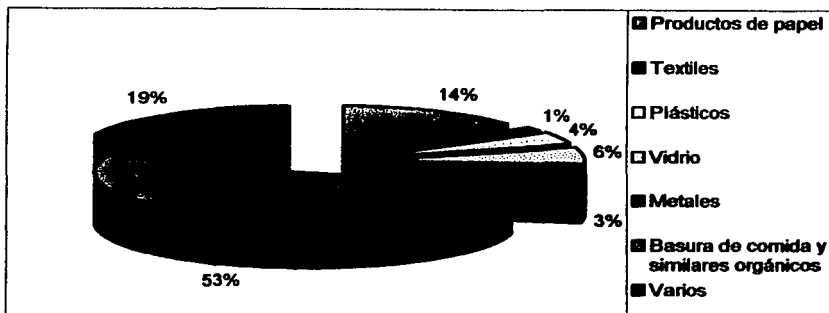
La generación de RSM, a escala nacional, ha tenido cambios tanto en composición como en cantidad (Tabla 1). Aparentemente, el cambio en la composición y el volumen no es importante, sobre todo si se le compara con lo registrado por otros países. Sin embargo, en México el problema en su manejo y disposición ambiental adecuada se acentúa por dos factores: Primero, el volumen y su composición no es homogéneo en todo el territorio nacional, sino que corresponde a la distribución de hábitos y costumbres de consumo, lo cual tiene que ver con el poder adquisitivo de la población; segundo, a los sistemas de recolección y disposición final de los residuos, los cuales no siempre son diseñados para responder a las necesidades de una ciudad o zona, lo que ocasiona que estos presenten grandes deficiencias (ver Tabla 2).

Tabla 1
Evolución de la generación y composición de los RSM en México
(Sedesol - INE, 1998)

Composición	Años			
	1991	1992	1993	1994
Productos de papel	2983.47 (14.07%)	3090.83 (14.07%)	3952.20 (14.07%)	2146.77 (7.08%)
Textiles	313.83 (1.49%)	327.32 (1.49%)	418.53 (1.49%)	439.14 (1.6%)
Plásticos	922.53 (4.38%)	962.18 (4.38%)	1230.32 (4.38%)	1290.89 (4.6%)
Vidrios	1242.68 (5.90%)	1296.08 (5.90%)	1657.28 (5.90%)	1738.87 (6.32%)
Metales	609.75 (2.90%)	635.96 (2.90%)	813.19 (2.90%)	853.23 (3.1%)
Basura de comida y similares orgánicos	11036.66 (52.40%)	11510.99 (52.40%)	14718.82 (52.40%)	15443.56 (56.21%)
Varios	3973.41 (18.87%)	4144.17 (18.87%)	5299.09 (18.87%)	5559.98 (20.23%)
Total	21062.33 (100%)	21967.53 (100%)	28089.54 (100%)	27472.44 (100%)

A pesar de lo anterior, un signo distintivo de los RSM es el alto porcentaje de residuos provenientes de la comida o similares cuyo volumen permanece casi sin variaciones a través del tiempo, lo cual se ilustra mejor si se observan las gráficas 1 y 2 generadas a partir de los datos contenidos en la Tabla 1, para los años de 1991 y 1994.

Gráfica 1
Composición de los RSM en México
1991
(Sedesol-INE, 1998)



Como es posible observar, un gran problema lo representa la fracción orgánica; primero, por el volumen generado y segundo, por sus características intrínsecas; esto es, se descomponen en corto tiempo y, por ende, generan impactos al medio considerables como la emanación de olores, gases, lixiviados, proliferación de fauna nociva, etc.

En una observación minuciosa de las propiedades es posible advertir que la porción orgánica involucra una fracción (no cuantificada con precisión) que, por su origen, posee propiedades alimenticias dignas de tomarse en cuenta. Éstas pueden resultar útiles en la crianza de ganado doméstico (aves, cerdos, etc.). A la

fecha se deposita en "rellenos sanitarios", en el mejor de los casos, acarreado los costos ya descritos.

Gráfica 2
Composición de los RSM en México
1994
(Sedesol-INE, 1998)

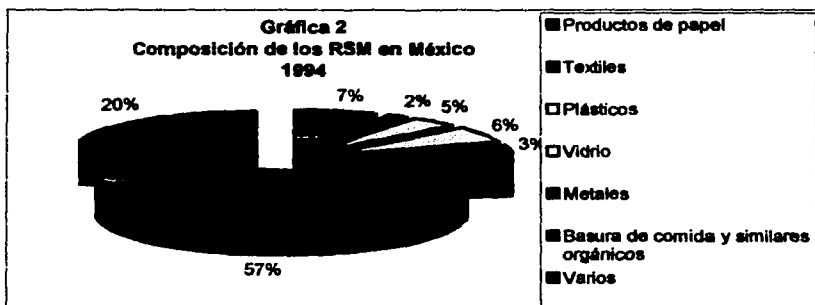


Tabla 2
Eficiencia en la recolección y disposición final de los RSM en la zona metropolitana
(Sedesol - INE, 1998)

	Volumen Ton/día	%	Miles Ton/año
Generación de residuos estimados	80746		29472
- Recolección	56522	70.00	20631
- Relleno sanitario	13859	17.16	5059
- Tiradero a cielo abierto	66867	82.84	24414

De lo anterior se desprende que resultaría útil proponer nuevas alternativas en el manejo de los residuos, cuya relación costo - beneficio sea la más favorable posible e inclusive permita darle sentido al introducir el concepto de sustentabilidad. Además, la recuperación permitiría una remuneración que no hubiera sido posible obtener al desperdiciarlos (**Paltrinieri, 1981**).

IV. BREVE RETROSPECTIVA DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

IV.1 Relleno sanitario

El desmedido y anárquico crecimiento urbano pronto ubicaron a estos sitios de disposición dentro de la misma ciudad, fenómeno por demás peligroso si se considera que no existía ninguna infraestructura que evitara la proliferación de fauna nociva, lixiviados, etc.

Esto obligó a las autoridades a clausurar o intentar sanear estos lugares mediante obras civiles que permitieran controlar los impactos ambientales inherentes.

El "relleno sanitario" es un método de eliminación de residuos en tierra, a través del cual se disminuyen los riesgos para la salud pública. Su método se basa en seguir ciertos principios de ingeniería para depositar los residuos, ocupando menores dimensiones, reduciéndolos al mínimo mediante compactación y recubriéndolos con una capa de tierra al término de cada jornada o en los intervalos más frecuentes que resultasen necesarios.

El relleno sanitario debe poseer varias características a saber:

- Debe estar ubicado en suelos impermeables y alejado de mantos freáticos.
- Debe tener accesos controlados y restringidos.
- Debe poseer desagüe adecuado para evitar que el agua de lluvia se filtre a través de él y contamine los mantos freáticos cercanos.
- Debe tener un servicio de agua para humedecer la basura con el fin de reducir el polvo en las operaciones de vaciado y en caso necesario, para apagar los fuegos que puedan producirse por la acumulación del biogás generado y por los desperdicios combustibles.
- Debe contar con carreteras pavimentadas de entrada al terreno.

La realización de un relleno sanitario requiere de estudios tales como investigación del subsuelo para conocer la permeabilidad del terreno, colocación

de sistemas de recolección de lixiviados generados por las lluvias y establecimiento de sistemas de tratamiento de ellos. También es necesaria la colocación de un sistema de tuberías que permitan la recolección, tratamiento y disposición segura del gas generado por la descomposición microbiológica de los residuos. El gas generado es en realidad una mezcla de CH_4 , H_2S y NH_3 , lo que le confiere un olor muy desagradable y la característica de ser explosivo.

La Zona Metropolitana del Valle de México contaba, hasta hace poco, con dos sitios de disposición final para los residuos sólidos: Bordo Poniente y el relleno de Santa Catarina, ubicado al oriente de la Ciudad, que fue cerrado recientemente. De estos dos sitios, sólo Bordo Poniente cuenta con la ingeniería de rigor para poder clasificarse como relleno sanitario, esto es: Nivelación de terreno, diferenciación de celdas, geomembranas impermeables y dren de recolección de lixiviados, pozos de control monitorio de biogás, estación meteorológica y planta de tratamiento de lixiviados.

En México, este método de disposición final tiene numerosos opositores entre los pepenadores, los trabajadores de limpia y los funcionarios del gobierno quienes, por temor o amafiados con el poder de los grupos que se enriquecen con la comercialización de la basura, se oponen a que las cosas cambien.

IV.2 Incineración

La incineración es un método de tratamiento en donde se realiza la combustión controlada de los residuos sólidos. La combustión no controlada o quema de residuos sólidos municipales es una práctica muy antigua realizada en sus inicios con métodos muy rudimentarios. En la actualidad, se realiza la combustión de los residuos controlando la temperatura, el tiempo y la cantidad de oxígeno empleado, lo que se conoce como incineración. El costo de la incineración es alto ya que debe incluirse lo que cuestan los sistemas de control de las emisiones y el tratamiento de los residuos sólidos generados.

El proceso de incineración es mucho más complicado que prender fuego simplemente a un montón de desechos. Para ello hay que considerar varios factores: Primero, la combustión del material debe llevarse a cabo en un horno especial para tal efecto; segundo, debe tomarse en cuenta la eliminación de los residuos, la ceniza o las escorias; tercero, mantener control sobre los contaminantes gaseosos generados del proceso de combustión a través de su lavado y posterior estabilización.

Esto último puede realizarse mediante la siguiente secuencia: Instrumentar una segunda cámara de combustión para completar la oxidación de todos los gases no quemados, así como instalando dispositivos para eliminar las materias en suspensión que escapan con el gas al ser liberado. Los gases ya completamente oxidados deben ser lavados para garantizar que solamente salga CO_2 por las chimeneas. Finalmente, la energía que se obtiene de quemar los desechos puede ser recuperada con algún propósito útil, como la generación de vapor y/o corriente eléctrica.

Para recuperar el calor de la incineración de los residuos se utiliza una caldera de calor residual con incinerador convencional; así, se extrae calor de los gases de combustión obteniendo vapor de alta y baja presión, que mediante la utilización de las paredes del fogón hechas de tubos de acero o de cobre, interconectados entre sí y haciendo circular una corriente de agua o vapor por el interior de los mismos, se atrae el calor de la masa en combustión. Este proceso no sólo recupera el calor de la combustión de los residuos, sino que también permite una mayor reducción de la demanda de aire. Esto se traduce a su vez en una relativa simplificación del equipo de control de la contaminación atmosférica. El vapor de alta presión se utiliza para generar energía eléctrica, convirtiendo la energía calorífica en mecánica mediante turbinas similares a las de una planta termoeléctrica (Deffis- Caso, 1989). El vapor de baja presión puede usarse como medio de precalentamiento para los propios residuos.

En la Ciudad de México existe una planta incineradora ubicada en San Juan de Aragón. Dicha instalación fue adquirida en la década de los 70, de origen canadiense. Se sabe que en la actualidad dentro de las mismas instalaciones se realiza una separación exhaustiva y la venta de subproductos con valor para reciclaje; se ignora cuál sea su capacidad con precisión pues desde su arranque ha enfrentado múltiples problemas técnicos y económicos; además, en el proceso la energía no es recuperada, por lo que sumado a los problemas atmosféricos del Valle, su viabilidad en la actualidad se encuentra cuestionada severamente. Como contraparte, puede mencionarse el caso de una planta similar instalada en la ciudad de Viena, Austria, que incinera todos los residuos generados por sus habitantes y con la energía recuperada produce la electricidad y la calefacción para la ciudad entera (Lechner, 1993).

IV.3 Reciclaje

Casi siempre se encuentra asociado este término a los desperdicios inorgánicos, aunque como se verá más adelante, también puede aplicarse a los de origen orgánico. Se refiere a la reutilización de las propiedades inherentes de los materiales que los constituyen y que permiten su reincorporación al mismo proceso que los generó o a otros diferentes. Para que un residuo pueda ser reciclable sus cualidades deben permanecer inalterables o variar muy poco al introducirse a la nueva trama productiva; la consecuencia obvia es un ahorro en el consumo de energía y, por tanto, menor daño al entorno.

Los materiales que más comúnmente se reciclan son: Papel, cartón, algunos metales, vidrio y ciertos plásticos (ver Tabla 3).

Tabla 3
Tipo de residuos y estrategias de aprovechamiento
(Seoanez-Calvo, 1998)

Fracción	Características del aprovechamiento
Papel y cartón	<ul style="list-style-type: none"> • Su recuperación está generalizada y sistematizada • Está completamente en manos de particulares
Vidrio Chatarra ferrosa	<ul style="list-style-type: none"> • Su recuperación está generalizada y sistematizada • Está completamente en manos de particulares • Su recuperación está generalizada y sistematizada • Está completamente en manos de particulares • Es una de las primeras recuperaciones que se ha realizado
Plásticos	<ul style="list-style-type: none"> • Los materiales termoplásticos limpios no tienen problemas • Los plásticos termofijos se mezclan como fase dispersa en mezclas termoplásticas • No está tan generalizado su reciclaje como en los casos anteriores
Metales no ferrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Su recuperación está generalizada y sistematizada. • Está completamente en manos de particulares
Materia orgánica	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende una parte considerable de los residuos urbanos (siempre superior al 40%) • Idealmente se debería convertir en composta pero no existen estudios de mercado ni un mercado potencial explorado en el país. • Algunos países la han utilizado como combustible con algunas reservas

La situación en el país a este respecto es caótica, por llamarla de alguna forma. No se tienen estadísticas precisas del volumen de materiales reciclados y como oficialmente los gobiernos municipales no la realizan, sino que la llevan a

cabo particulares, suelen crearse mafias en torno de esta actividad. Basta recordar el tristemente célebre caso del líder de los pepenadores de la Ciudad de México. Además, la separación y clasificación de los subproductos se realiza manualmente lo que ocasiona, no solamente que se pierdan muchas horas-hombre y la eficiencia sea baja sino las condiciones infrahumanas de quienes la realizan. Para completar el círculo vicioso, el precio de los materiales se fija unilateralmente por parte de los grandes consorcios que los requieren y las personas dedicadas a esta actividad ocupan el estrato más bajo en la pirámide social. Por todo esto, el reciclaje se encuentra atomizado y es difícil medir el impacto que pudiera tener en el ámbito global por no contar con un plan maestro.

Como nota adicional, en un verdadero "relleno sanitario" no se permite la pepena, ni la compra-venta de subproductos. En los países industrializados, en los que se ha logrado una alta eficiencia, la separación se realiza por medio de bandas transportadoras, separadores magnéticos, etc, además de que la maquinaria utilizada permite el manejo de grandes volúmenes lo cual a su vez minimiza los costos por transportación y manejo.

IV.4 Formación de "composta"

La palabra "composta", del latín "composita" se usa para nombrar al producto resultado de la degradación aerobia de los desperdicios no tóxicos de origen orgánico. En ocasiones, también recibe el nombre de *turba*. Entre sus virtudes destaca el que permite la reducción de los desechos hasta en un 80%. Es un magnífico mejorador de suelos que no deja residuos peligrosos y su manufactura requiere de inversiones comparativamente muy bajas.

El resultado de este método es un producto negro homogéneo y, por regla general, de forma granulada, sin restos gruesos. Al mismo tiempo, es un producto húmico y cálcico; por su aportación de oligoelementos al suelo es muy apreciada.

En los países industrializados existen plantas que procesan decenas de toneladas diariamente por medio de dos procesos diferentes: El lento que consiste en apilar los residuos y moverlos semanalmente para favorecer la aireación y el rápido, que incluye celdas especiales de biodegradación que aceleran la descomposición.

Biodegradación natural, en la que después de la molienda y la humidificación se coloca el producto en pirámides o pilas de dos metros de altura sobre el área de biodegradación. Durante el primer mes se mueve y mezcla cada diez días y una vez al mes durante los dos siguientes. Después de cada volteo se observa una brusca elevación de la temperatura, provocada por la aceleración de las biorreacciones de las bacterias aerobias termófilas. Transcurridos tres meses, la fase activa de la biodegradación está terminada y sólo queda la de maduración.

Biodegradación acelerada, en la que además de añadir agua, se le inyecta aire y el producto se pone en movimiento. Con este sistema se reduce a 15 días la fase activa de biodegradación. Asimismo, tiene la ventaja de favorecer la oxidación de los compuestos orgánicos, controlar mejor las biorreacciones y evitar contactos exteriores con fauna nociva. En este sistema las ventajas son mayores, pero la inversión llega a ser de seis a diez veces mayor que el primero (Deffis - Caso 1989).

El procedimiento que se sigue en la biodegradación lenta generalmente suele ser: Molienda, selección, cribado y biodegradación; sin embargo, los factores locales pueden modificar dicho orden y empezar, por ejemplo, con la selección para la venta de subproductos. Esto sólo en el caso de que la basura no se separe y llegue mezclada la parte orgánica con la inorgánica. Hay quienes argumentan que el sistema lento es menos higiénico y que facilita la proliferación de gérmenes patógenos. Esto es cierto siempre y cuando la biodegradación lenta

no se lleve a cabo en forma adecuada y si las pilas no se remueven continuamente.

A este respecto, la situación de esta tecnología en México es aún más dramática. Los gobiernos municipales no cuentan con planes que fomenten la separación de los desperdicios. Para ellos siempre será mejor conseguir una barranca que rellenar y después cubrir con tierra que montar plantas de separación y biodegradación. Además, por ser la "composta" un producto difícil de comercializar frente a los agroquímicos sintéticos no se puede pensar en que la iniciativa privada se interese por invertir en proyectos de esta naturaleza a menos que se le otorgue un paquete de incentivos atractivo.

IV.5 Pirólisis

La pirólisis o destilación seca de productos orgánicos, se diferencia de la incineración por la ausencia de aire en el proceso; dentro de las cámaras de pirólisis se tiene muy poco o nada de aire y, en lugar de efectuarse combustión, se producen una serie de reacciones de descomposición de tipo reductivo.

La pirólisis es un proceso fisicoquímico que transforma la materia orgánica de poco valor en productos orgánicos de alto contenido energético ya que durante el proceso se generan productos gaseosos líquidos y sólidos, que pueden ser útiles posteriormente como carburantes o materias primas, tales como metano, metanol, ácido acético, aceites ligero, alquitrán, anhídrido carbónico, monóxido de carbono, hidrógeno y amoníaco.

El control de la contaminación atmosférica es mínimo en este proceso, debido a la reducción de los desperdicios gaseosos. (Deffis - Caso, 1959).

Huelga decir que es una tecnología costosa y que aún en los países donde se ha implementado no ha estado exenta de las reticencias de la gente por los

supuestos riesgos implicados en el proceso. No se tiene noticia de que se emplee en el país esta tecnología como una práctica habitual.

V. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES PREVIAS

V.1 Diseño de la experiencia

Aunque los residuos orgánicos pueden encontrarse casi en cualquier lugar, no todos los residuos son aprovechables desde el punto de vista económico ni de calidad. En el diseño de esta primera experiencia se consideró conveniente utilizar despojos de carnicería, rastros o de industrias de procesamiento de la carne en vez de frutas o legumbres o de las industrias de procesamiento de estos últimos en virtud de sus propiedades y de su contenido proteínico, pero si se dispone de ambos tipos de residuos, una vez secados y molidos pueden mezclarse para formar un alimento completo. Y si se trata de identificar a los principales generadores se pueden incluir a las centrales de abasto, las plazas y mercados públicos, las industrias de alimentos procesados, los restaurantes como unidades aisladas o en cadena y algunos hoteles y moteles con servicio de restaurante (ver Tabla 4).

Tabla 4
Sitios de potencial aprovechamiento para residuos orgánicos

PRINCIPALES GENERADORES DE RESIDUOS APROVECHABLES	TIPO DE RESIDUOS APROVECHABLES
+ Centrales de abasto y mercados públicos	Casi de todo tipo con predominancia de los residuos vegetales
+ Industria de alimentos procesados	Depende de la industria, pueden ser de tipo animal o vegetal
+ Cadenas restauranteras o unidades aisladas de los mismos	Residuos de comida preparada, predominan las grasas emulsionadas utilizadas en la cocción de los alimentos
+ Mataderos, rastros, etc	Residuos cármicos, huesos, vísceras, pieles, cerdas, etc
+ Algunos hoteles y moteles	Igual que en las cadenas restauranteras

No se considera para el análisis efectuado en este documento la basura domiciliaria, la cual se podría suponer en composición muy similar a la proveniente de las centrales de abasto porque implican una dificultad inherente que hace casi imposible pensar en su utilización. Y es que de acuerdo con la experiencia, no se realiza separación alguna en los hogares ni existe alguna forma de pensar en su recolección oportuna.

Es importante mencionar que debe tenerse cuidado al recolectar las muestras de tal suerte de no contaminarlas con materiales que pudieran resultar tóxicos y procesarlas de inmediato con el fin de reducir el crecimiento bacteriano.

Se seleccionó una fuente de la que podían obtenerse sistemáticamente y sin problemas los residuos, se les sometió a molienda y a diferentes procesos de secado, se compararon, textura, apariencia física, y olor y se contrastó los resultados contra los datos que se tienen para los alimentos balanceados existentes en el mercado.

V.2 Parte experimental

Las muestras fueron colectadas deliberadamente en la sección de pescados y mariscos de la Central de Abastos de la Ciudad de México (Ceda), esto con el fin de introducir un sesgo a propósito, orientado a obtener un producto de calidad nutrimental por encima del promedio. Se recolectaron en total diez muestras simples en diversas secciones de las naves y con consentimiento de los generadores, la recolección fue manual y se depositaron en bolsas de polietileno; el peso aproximado de cada una las muestras era de alrededor de 1 kg. El transporte se hizo de forma inmediata dadas las características del material y sin recurrir a ningún tipo de preservativo o condición especial. Una vez en el lugar de trabajo, las muestras fueron mezcladas en un recipiente de plástico con el fin de obtener una muestra compuesta y representativa.

Acto seguido, la muestra compuesta formada por las muestras simples se dividió en dos porciones iguales y éstas, a su vez, se subdividieron en porciones más pequeñas con objeto de observar posibles variaciones en el proceso de secado y así, se sometieron a la acción deshidratante del sol. A las llamadas **muestra B** se les desmenuzó finamente, mientras a las denominadas **muestras A** se les sometió a un proceso de molienda exhaustiva hasta obtener una torta húmeda de consistencia uniforme (ver Tabla 5).

Uno de los usos más antiguos de la energía solar ha sido el secado y preservación de excedentes agrícolas y se decidió hacerse de esta manera con el fin de ahorrar energía. De hecho, en la mayoría de las comunidades rurales, los campesinos han conservado sus semillas y granos deshidratándolos al sol. Usualmente se extiende sobre el suelo el producto y se expone por uno o dos meses a los rayos solares con un movimiento del grano realizado con cierta frecuencia, aunque esto lo hace vulnerable al polvo, basura, insectos, lluvia, nublados, roedores y a la intrusión del hombre y de animales. Es cierto que la inversión que requiere este método es muy baja, pero la labor por desarrollar sobre todo a mayor escala es intensa, además de los peligros enunciados. Generalmente, los productos secados así son frutas, vegetales, cereales y granos, pieles, carne y pescado, tabaco, etcétera (**Almanza-Salgado y Muñoz-Gutiérrez, 1994**).

Además, se tiene la limitante de que la rapidez de secado del material es baja, ya que la fuerza motriz del proceso es la diferencia de presiones parciales de vapor entre las temperaturas del material y del aire. Si el aire tiene una temperatura baja y una humedad relativa alta, la rapidez de secado del material será muy baja e inclusive el proceso puede revertirse y obtenerse un material más húmedo que el original, pero para esta experiencia resultaba, al menos en principio, adecuado.

Tabla 5
Experiencias comparativas de secado realizadas a nivel micro

Muestra A			
Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Tiempo de secado (h)	Humedad promedio al equilibrio kg H₂O/kg aire seco
2.5	0.510	30	$9.5 \cdot 10^{-3}$
2.5	0.620	28	$9.5 \cdot 10^{-3}$
2.5	0.550	31	$9.5 \cdot 10^{-3}$
2.5	0.370	29	$9.5 \cdot 10^{-3}$
2.5	0.480	30	$9.5 \cdot 10^{-3}$
2.5	0.420	29	$9.5 \cdot 10^{-3}$

Una vez secas las muestras, se procedió a la molienda en un molino de martillos que, a su vez, las pasa por un tamiz cuyo diámetro de apertura es de 2 milímetros. Esto permite la obtención de una harina que se envasó en bolsas de plástico y se mantuvo en un ambiente fresco y seco para evitar la proliferación de insectos y microorganismos.

Con respecto a las muestras B, es necesario precisar que no se pudo lograr su secado antes de que la acción de las bacterias las descompusiera. Una de las causas fue el mayor contenido de humedad y la menor área de transferencia de masa, debido a que éstas no se molieron. No se consignan los datos para dichas muestras; la humedad final de las muestras "secas" no se midió, sino que se supuso como la humedad en equilibrio con el aire circundante mediante mediciones psicrométricas (Treybal, 1968). Para esto, se midieron las temperaturas de bulbo seco y húmedo del aire circundante obteniéndose los resultados consignados en la Tabla 5. Estos datos provienen de lecturas directas de una carta para la Ciudad de México² (Gráfica 3).

² 586 mm Hg

Gráfica 3
Carta psicrométrica a 585 mm Hg
(Facultad de Química, 1991)



VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

VI.1 Discusión

El sólido resultante de la molienda posterior al secado solar es una harina color café parduzco, textura suave y aroma característico; se aprecia que contiene una gran cantidad de aceite, lo cual la convierte en una buena fuente de energía en principio aunque, por su origen, inadecuada para suministrarse sola.

En cuanto a las propiedades nutrimentales o caracterización bromatológica, ésta no se realizó; sino que se recurrió a una experiencia similar realizada por la Dirección Técnica de Desechos Sólidos, DTDS, del entonces Departamento del Distrito Federal cuyo desarrollo es muy similar y que arroja los resultados consignados en la Tabla 6.

La experiencia a que hace referencia el conjunto de datos proviene de una harina compuesta únicamente por vegetales donde puede observarse que la cantidad de proteína cruda oscila entre un 12.06 y un 15.88 por ciento, mientras que las grasas no sobrepasan el 11 por ciento lo cual es comprensible dado su origen vegetal. Un parámetro interesante para este tipo de harina es el referente a las cenizas, las cuales llegan a alcanzar hasta un 17.71 por ciento; lo mismo puede decirse de la cuenta microbiológica, la cual podría ser un factor que anularía la posibilidad de usarla como alimento para ganado. Al respecto se puede argumentar que es necesario esterilizar los residuos y que, tanto en esta experiencia como en la de la harina obtenida en esta tesis, esto no fue tomado en cuenta. Un factor más que incidiría en la calidad sanitaria sería el método de recolección y transporte de los residuos o bien la velocidad de secado, la cual si no es suficientemente rápida convierte el material en un "caldo de cultivo" de microorganismos.

Tabla 6
HARINA VEGETAL,
CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA
REALIZADA POR LA DIRECCIÓN TÉCNICA DE DESECHOS SÓLIDOS
DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
(Santos-Pérez y Flores-Valenzuela, 1992)

Parámetro	jueves	viernes	sábado	domingo	lunes	martes	miércoles
Humedad (%)	6.70	7.49	6.13	5.06	5.49	4.90	5.66
Cenizas (%)	15.49	9.76	17.71	12.62	8.97	9.39	9.82
Fibra cruda (%)	18.02	21.07	23.57	17.45	20.84	26.19	20.98
Grasa cruda (%)	2.44	4.26	4.71	10.87	3.39	8.05	6.87
Proteína cruda (%)	15.88	12.65	12.06	13.81	12.42	12.68	12.45
Carbohidratos (%)	41.47	44.77	35.82	40.19	48.89	38.39	44.22
Fósforo (%)	0.17	0.13	0.23	0.11	0.09	0.15	0.10
Calcio (%)	1.98	1.71	3.58	1.85	2.12	1.88	1.84
Xantofilas (ppm)	63.02	38.12	38.87	33.45	52.62	77.12	59.68
Cuenta total (M.O./g)	78 *10 ⁶	91 *10 ⁶	141 *10 ⁶	270 *10 ⁶	80 *10 ³	30 *10 ³	20 *10 ³
Cuenta de coliformes (M.O./g)	784 *10 ³	1.5 *10 ⁶	1 *10 ⁶	2000	1000	10000	1000
Hongos (M.O./g)	240,000	460,000	3.2*10 ⁶	1000	1000	1000	1000
Levaduras (M.O./g)	12 *10 ⁶	740 *10 ³	1.2 *10 ³	1000	1000	1000	1000
Aflatoxina B (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aflatoxina B2 (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aflatoxina G1 (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aflatoxina G2 (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

M.O. = Microorganismos

En cuanto a la calidad comparativa con respecto de los alimentos balanceados en el mercado, puede decirse que el producto obtenido por la DTDS cumple con las especificaciones de calidad necesarias en cuanto a contenido de humedad, proteína cruda y grasa cruda mínima, para pollos en crecimiento, aves

ponedoras, cerdos en crecimiento, cerdos en engorda, bovinos en engorda, vacas lecheras 14%⁴, ganado de lidia, sementales bovinos y equinos (Tabla 7).

Tabla 7
ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS
BALANCEADOS Y CARACTERISTICAS DE LA HARINA VEGETAL DE LA
DIRECCIÓN TÉCNICA DE DESECHOS SÓLIDOS
DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
(Santos-Pérez Y Flores-Valenzuela, 1992)

CARACTERÍSTICAS							
Producto	Marca o NOM	HUMEDAD	PROTEÍNA	FIBRA	GRASA	E.L.N. MIN	CENIZAS
		MAX. (%)	CRUDA, MIN. (%)	CRUDA, MAX. (%)	CRUDA, MIN. (%)	(%)	MAX. (%)
Harina vegetal	DTDS	5.90	13.14	21.00	5.80	41.96	11.96
Harina de alfalfa grado "C"	NOM-Y-305-1988	10.00	13.00	28.00	5.00	35.00	9.00
Alimento para crecimiento de pollos	MALTA	12.00	14.00	5.50	3.00	58.00	6.00
Alimento para aves ponedoras	NOM-Y-114	12.00	12.00	6.00	1.50	58.50	6.00
	MALTA	12.00	15.00	5.50	3.00	53.60	11.00
Alimento para cerdos en crecimiento	MALTA	12.00	14.00	5.00	3.00	61.00	5.00
	GANADOR	12.00	15.00	8.00	2.50	55.00	7.00
Alimento para cerdos en engorde	MALTA	12.00	12.00	5.00	3.00	63.00	5.00
	APIABA	12.00	14.00	5.00	2.50	59.00	7.00
Alimento para bovinos en engorda	MALTA	12.00	12.00	12.00	2.00	56.00	6.00
Alimento para vacas lecheras (14%)	MALTA	12.00	14.00	11.00	2.00	54.00	7.00
Alimento para ganado de lidia y sementales	APIABA	12.00	12.50	11.00	1.5	55.00	8.00
Alimento para caballos	MALTA	12.00	14.00	11.00	2.50	52.50	8.00

E.L.N., extracto libre de nitrógeno; se refiere a nutrimentos excluyendo todo tipo de proteínas

MAX, máximo

MIN, mínimo

⁴ Se refiere a la cantidad máxima de proteína máxima permitida en la dieta de un rumiante.

A este respecto se infiere que la calidad nutrimental en cuanto aporte proteico del producto obtenido en esta experiencia se encuentra por encima de los valores reportados por las tablas precedentes, dado que la harina caracterizada proviene de vegetales mientras que la obtenida en esta experiencia tiene su origen en pescados y mariscos. Por lo tanto, se podría utilizar como un concentrado ideal para mezclarse con granos, oleaginosas o fibra.

Uno de los datos que no se recabó en esta experiencia fue el consumo energético utilizado en el secado del material. Se infiere que depende de la técnica de secado.

VI.2 Experiencia a nivel piloto en el Estado de Morelos

Con el fin de tener un acercamiento a condiciones más reales, se tuvo la oportunidad de realizar experiencias semi-industriales en la comunidad de Tejalpa, Municipio de Jiutepec en el Estado de Morelos, México.

Dicha experiencia estuvo auspiciada por el Equipo de Promotoras Ambientales de Tejalpa A. C. (EPAT), organismo no gubernamental de corte feminista dedicado a la difusión de la cultura ambiental en la comunidad referida. Resulta oportuno destacar que gracias al trabajo de concientización realizado por el EPAT a lo largo de varios años, la región ofrecía, al menos en apariencia, condiciones de entorno social favorables para la implementación de un sistema que permitiese la recolección de los materiales útiles con una calidad *aceptable*.

Lo valioso de este acercamiento debe verse bajo la óptica de trasladar una tecnología muy conocida y estudiada, como lo es el secado de materiales.

VI.2.1 Metodología

Primero.- Se planeó la construcción de un secador de charolas prototipo que incorporara el calentamiento del fluido utilizado en el secado (en este caso aire) mediante energía solar; dada la experiencia a nivel micro se consideró adecuado en su momento. Se planteó el uso -dado que los recursos eran limitados- de un colector solar de placa plana que incorpora los fenómenos de radiación del cuerpo negro y el efecto invernadero y cuyo uso se encuentra plenamente difundido en todo el mundo. Con esto se pensaba ahorrar en energía e incorpora el concepto "ecológico" al proceso.

Segundo.- Se adquirió un molino de martillos para corte de forraje con un motor de 1 HP, con criba de 0.5 cm de claro.

Tercero.- Como consecuencia de los primeros resultados (como se explicará más adelante) se consensó la adquisición de un sistema que permitiera drenar el líquido excedente que presentaban los residuos recolectados. Esto derivó en la adquisición de un sistema de centrifugación a alta velocidad.

Cuarto.- Se pensó una estrategia que permitiera su recolección a un bajo costo y convenciera a los potenciales donadores de los beneficios que esto acarrearía.

VI.2.2 Resumen de la experiencia

Uno de los escollos más grandes a salvar en el inicio fue la heterogeneidad que presentaron los materiales recolectados debido a que gran parte de ellos eran semisólidos; es decir, que contenían una gran cantidad de agua o grasas emulsionadas, lo cual dificultaba en extremo su manejo.

Este problema se solucionó sometiendo a centrifugación los residuos, con

lo que se obtuvo una porción sólida con una humedad estimada en 70% y una porción líquida con dos fases: orgánica (grasas) y acuosa (agua).

Respecto al proceso de secado, el secador de charolas con calentador solar finalmente resultó insuficiente dado el volumen de material que se recolectaba día a día e inadecuado para las características físicas del material centrifugado. Otro de los escollos que impidió probar a satisfacción el uso de la energía solar fue que se arrancó en plena temporada de lluvias; mediante experiencias verbales recogidas con personal del Centro de Investigación en Energía (UNAM) ubicado en Temixco, Morelos, se supo que ésta es una de las zonas del país con los mejores índices de insolación, salvo en los meses de verano, donde las constantes e intensas precipitaciones pluviales provocan intermitencias muy marcadas en la captación de la radiación solar.

A lo anterior, había que sumar - como ya se dijo- que los residuos recién recolectados presentaban humedad en exceso, situación que se complicaba con la presencia de grasas emulsionadas; sin un sistema mecánico que permitiera drenar la porción líquida con eficiencia. Esta operación se llevaba a cabo manualmente mediante un *filtro prensa* improvisado mediante un torniquete.

Una vez demostrada la inoperancia del sistema, el EPAT decidió invertir en un sistema de secado rotacional de acero inoxidable calentado mediante gas, así como en una centrífuga para drenar el exceso de agua que acompañaba al material.

Dicho sistema tampoco fue del todo idóneo pues aunque la centrifugación permitía separar y recuperar buena parte de las grasas y aceites contenidas en el material, el secado siguió presentando problemas pues el sistema giratorio, dadas las propiedades del material (tendía a convertirse en una pasta por efecto del giro y el calentamiento), reducía el área expuesta en lugar de incrementarla. No

obstante que en esta ocasión el suministro de calor era en ocasiones excesivo, el secado no era efectivo.

El consumo de energético (aún sin medirlo) por cada kilogramo de sólido seco producido en el equipo se estima que fue demasiado alto como para pensar en principio que pudiera ser rentable su comercialización. Esto habla, por un lado, del alto contenido de humedad presente y, por otro, de lo ineficiente del sistema de secado. En la práctica, para obtener un material que fuera estable a las condiciones ambientales y atenuar el consumo de combustible resultó necesario exponer los residuos al sol directamente aún después de haberlo sometido al proceso descrito.

Una de las peculiaridades de los materiales recolectados para llevar a cabo las pruebas es que provienen de unidades restauranteras aisladas cuyo "menú" es bastante uniforme y que genéricamente puede agruparse de la siguiente forma:

- a) Leguminosas
- b) Carnes de res y pescado
- c) Mariscos
- d) Cereales en muy pequeña proporción.

A todo esto hay que agregar que a los componentes se suma una porción muy importante de grasas emulsionadas con el contenido de humedad intrínseco de cada componente. Como ya se dijo, éstas pueden separarse mediante el uso de una centrifuga y un tanque de separación.

Una vez que el secado por exposición al sol había reducido la humedad por debajo del 10%, el material se encontraba ya en condiciones de ser triturado y convertido en harina que, no obstante el alto contenido proteico, no puede ser suministrada directamente a aves, cerdos o bovinos como tal. Es necesario

mezclarla con granos con el fin de obtener un alimento balanceado y que los animales puedan hacer uso de todos los nutrimentos de manera eficiente.

Finalmente, muestras de la harina se hicieron analizar en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM con objeto de tener certidumbre respecto a la composición del material. Los resultados se consignan en las Tablas 8a y 8 b.

Tabla 8a

Análisis bromatológico realizado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México

Parámetro	Resultado
Materia seca	95.61 %
Humedad	4.39 %
Proteína cruda	46.55 %
Extracto etéreo	17.55 %
Cenizas	19.52 %
Carbohidratos	11.99 %

Tabla 8b

Análisis energético realizado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México

Extracto libre de nitrógeno	9.38 %
T.N.D.%	869.16%
E.D. kcal/kg (Aproximado)	38321.35
E.M. kcal/kg (Aproximado)	31420.20

T.N.D., Total de nutrientes disponibles

E.D. Energía digerible

E. M. Energía metabolizable

VI.3 Conclusiones de esta fase experimental preliminar

A pesar de las dificultades técnicas, es posible obtener a partir de los residuos provenientes de los restaurantes, una harina proteica que puede ser utilizada como un ingrediente en la preparación de piensos forrajeros aprovechando así un material que tradicionalmente se desecha y provoca un alto impacto al medio; si bien es necesario rediseñar o readecuar el sistema de secado de tal suerte que la energía empleada en el proceso se reduzca. Se piensa que un sistema mecánico que incremente el área de secado y que considere las propiedades del material puede ser la solución al alto consumo energético (Almanza-Salgado y Muñoz-Gutiérrez, 1994).

Respecto a la cuestión toxicológica, no se determinó cuantitativa ni cualitativamente la presencia de agentes potencialmente peligrosos; en cambio, se realizaron pruebas de sensibilidad sin resultados adversos. Las pruebas consistieron en suministrar la harina obtenida mezclada con maíz molido en proporción de 4 partes de harina de maíz por una parte de harina de residuos con el fin de obtener un contenido aproximado de proteína del 14 al 16% a cerdos y aves, observándose únicamente baja aceptación por parte de las aves. Este parámetro (la aceptación), puede entenderse como el cociente de la cantidad consumida de la dieta experimental en relación a la cantidad consumida una dieta habitual. Así pues, se observó que las aves consumían alrededor de la mitad de la ración que les era suministrada para un día, mientras que en los cerdos esto no sucedió; la ración era consumida por los animales en su totalidad.

En adición, durante la experiencia no se consideró hacer uso de las grasas y aceites obtenidos, los cuales por su volumen son dignos de tomarse en cuenta como una fuente más de ingresos ya que pueden ser canalizados a la industria para la fabricación de jabón, lubricantes, etc.

VI.4 Recomendaciones

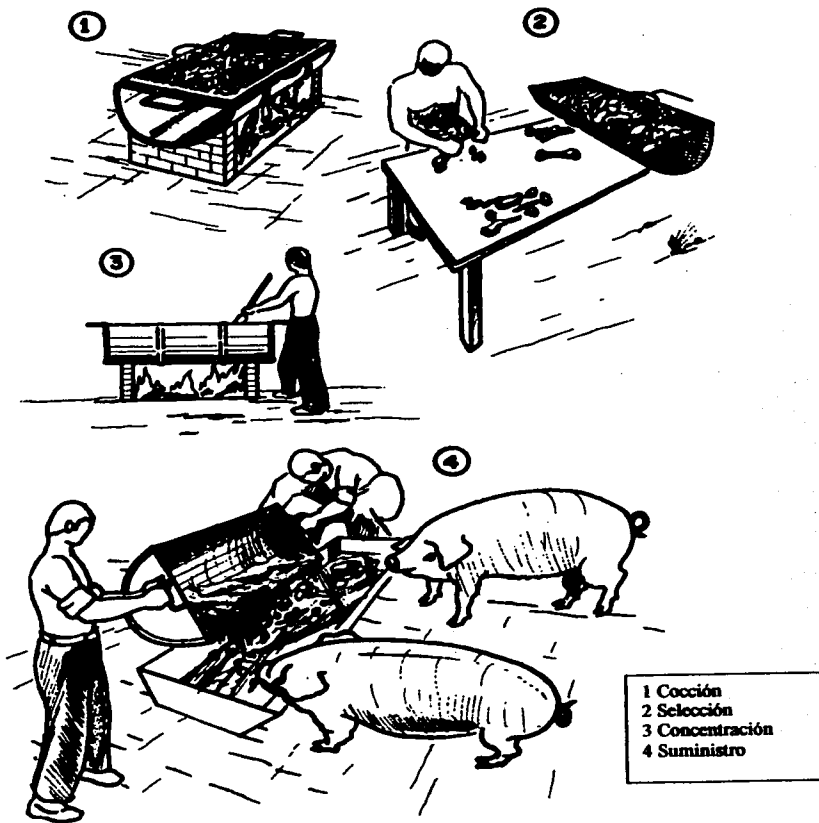
Como consecuencia del trabajo en campo resulta necesario hacer algunas precisiones:

Primero: que la utilización de los residuos alimenticios en la manutención de animales domésticos y de corral ha sido y es una práctica común que permite el ahorro de recursos sea cual fuere el motivo de la crianza; en instalaciones pequeñas de carácter doméstico, la utilización de desperdicios alimenticios o agrícolas se realiza sin ningún control sanitario, lo cual puede derivar en problemas de salud pública si no se toman las precauciones de someter a esterilización los materiales utilizados en la alimentación de los animales.

Por lo tanto, si se tiene una pequeña instalación y los residuos son pocos se puede proceder de la siguiente manera (ver Figura 1):

1. Introducir los residuos en una canastilla dentro de una olla calentada por fuego directo. Añadir una cantidad de agua al menos igual al peso de los residuos y cocinarlos por espacio de una hora mezclando de vez en cuando.
2. Si existen huesos, estos deben descamarse y ser retirados.
3. Continuar la cocción por espacio de media hora más mezclando vigorosamente para obtener un alimento espeso con consistencia de puré.
4. Al enfriarse parcialmente puede suministrarse a los animales.

Fig. 1
Instalación rústica para el aprovechamiento de
desperdicios alimentarios
(Patrinieri, 1981)

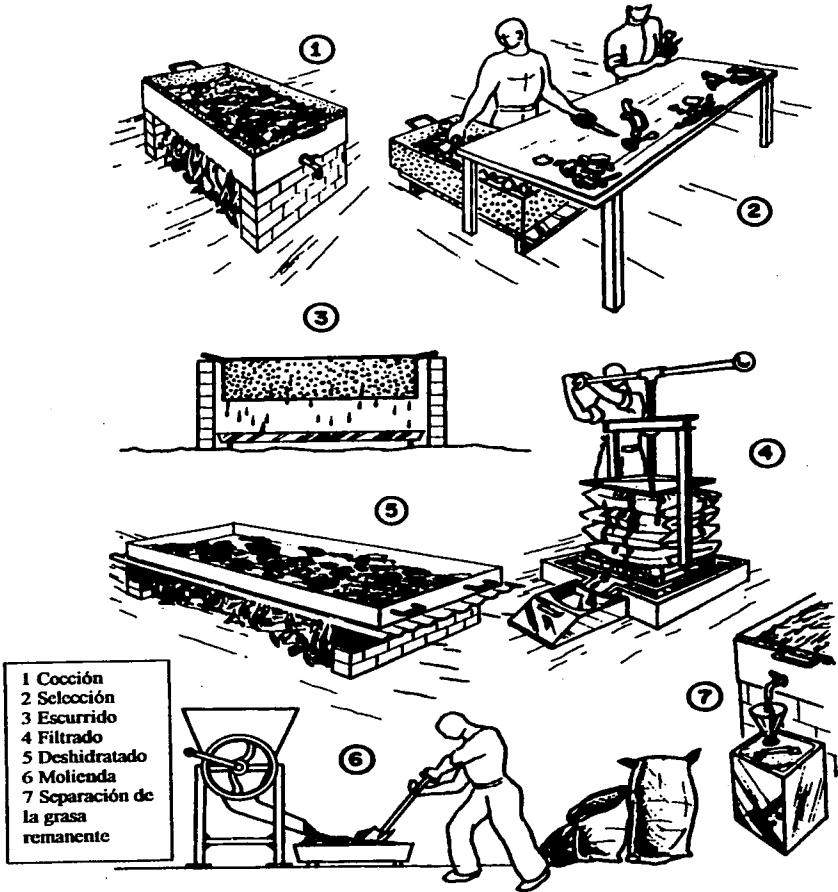


Segundo: trabajar a mediana escala significa tener un aprovisionamiento regular de residuos y medios para su recolección oportuna y transporte eficiente. En este caso, pueden darse dos situaciones a saber, 1) que la población de animales a mantener sea numerosa y se disponga del espacio necesario para su crianza, o 2) que los residuos se procesen de tal suerte que se puedan preservar para su almacenamiento por un período más largo o su venta directa e inmediata.

En tal caso, se puede proceder de la siguiente forma (ver Figura 2):

1. Someter a cocción los residuos en una instalación provista de una canastilla de malla y con el mínimo de agua para evitar que se pegue o queme agregando además movimiento continuo.
2. Si existiesen huesos grandes, estos deben separarse y descamarse.
3. Después de dos horas de cocción, se retiran los residuos, dejando el agua y la grasa en el recipiente de cocción; la canastilla se deja reposar de 20 a 30 minutos para eliminar el agua remanente.
4. Los residuos se prensan para extraer el agua de la masa cocida y reducir el tiempo de secado; esta operación puede realizarse envolviendo la masa en cualquier medio filtrante y prensando al máximo.
5. El secado debe ser lo suficientemente rápido para evitar que el alimento no se contamine, enrancie o decolore (Paltrinieri, 1981). Durante la temporada de lluvias, puede realizarse distribuyendo el producto en láminas galvanizadas y utilizando una fuente de calor adicional.
6. El producto ya seco, se muele y empaca para su posterior utilización o distribución y venta.
7. La grasa flotante en el agua de cocción se separa por diferencia de densidades y se almacena para su refinamiento.

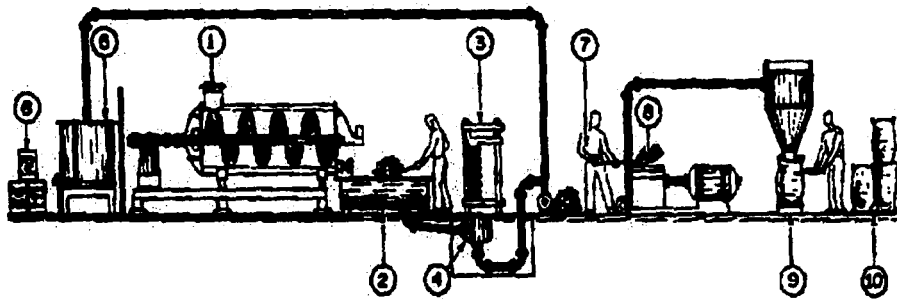
Fig. 2
Instalacion semi-mecanizada para el aprovechamiento
de desperdicios alimentarios
(Paltrinieri, 1981)



Tercero: en el caso de una instalación industrial, el sistema para la cocción y esterilización de los residuos debe ser un equipo que incorpore calentamiento y movimiento automatizado o semiautomatizado. Lo idóneo es un sistema de calentamiento indirecto con un sistema "sinfin" que reblandezca los tejidos y a la vez los secciona (Palomino, 1998. com. per). Ver Figura (3).

De acuerdo con esto:

1. El vapor entra por el doble fondo del "cocedor". Se carga la materia prima y se pone en marcha el gusano mezclador. Después de esta operación, se abre la compuerta de descarga y el producto esterilizado, molido y seco sale en forma de chicharrón; la grasa se encuentra dispersa en él.
2. El chicharrón sale del "cocedor" y cae sobre una cubierta perforada. Parte de la grasa pasa por las perforaciones hacia un tanque de recolección.
3. Los residuos esterilizados se introducen a una prensa hidráulica o centrífuga para extraer la grasa que no ha pasado por las perforaciones.
4. La grasa cae en un tanque de recolección y es transportada hacia un tanque de sedimentación por medio de una bomba.
5. En el tanque de sedimentación, las impurezas se depositan en el fondo. Son separadas de la grasa a través de la válvula de descarga.
6. Después de la separación e las impurezas, se descarga la grasa por la misma válvula.
7. Luego de la extracción de la grasa, se descargan, los residuos de la prensa.
8. Se pulverizan los chicharrones en un molino de martillos.
9. Los sólidos finos pueden recolectarse por aspiración y recolección mediante un ciclón.
10. El último paso en el proceso es la almacenamiento o distribución.



1 Cocción
 2-4 Prensado y recolección de grasa
 5-6 Filtrado de la grasa
 7-10 Molienda y envasado

Fig. 3
 Instalación mecanizada y semi automatizada para el aprovechamiento de residuos (Palmieri, 1981).

VII. PROSPECCIONES ECONÓMICAS

VII.1 Entorno macroeconómico

Todo análisis serio deberá partir de ponderar adecuadamente los indicadores macroeconómicos del país en el que se pretenda invertir, ya sea que dichas inversiones se realicen en instrumentos financieros de corto plazo (pagarés, bolsa de valores, etc) o bien, que dichos recursos se dirijan al sector productivo para la creación de infraestructura.

En esta era de globalización, los hechos han demostrado que en los países subdesarrollados (especialmente en América Latina), las economías son extremadamente susceptibles a las crisis financieras en cualquier país donde éstas se originen.

A partir de la amarga experiencia de finales de 1994 en México, ha quedado claro que para lograr un grado de confiabilidad aceptable en la evaluación de proyectos, la variable política será un factor que en lo sucesivo tendrá un peso específico insoslayable, por lo que la moderna teoría microeconómica deberá encontrar métodos que permitan predecir cómo afecta al desarrollo de una empresa el triunfo de un partido de oposición, el surgimiento de un movimiento armado, los actos de corrupción del gobierno, etc.

A continuación, se realiza una revisión acerca de cómo se ha comportado la economía del país con respecto al sector en que este producto puede incidir. Si bien, para elaborar un cuadro representativo de la situación macro hace falta retroceder décadas y someter los datos a análisis rigurosos, en este caso sólo se discutirán los referentes a los últimos años debido principalmente, a la falta de información con la que cuenta el propio gobierno.

VII.2 Situación de los alimentos balanceados en México

En primer lugar, actualmente en México se producen dos tipos de alimentos balanceados destinados a la alimentación animal; el completo, que incluye granos, pasta de soya, melaza, harinas animales, harinas vegetales, vitaminas, minerales, aminoácidos y aditivos no nutrientes y los concentrados que incluyen todo lo anterior menos granos(Santos – Pérez y Flores – Valenzuela, 1992).

La industria de alimentos balanceados para animales tiene gran importancia para el sector agropecuario, ya que involucra a los sectores agrícola y ganadero (bovino, porcino y avícola); el 85% de los ingredientes que utiliza provienen del primero (Santos – Pérez y Flores – Valenzuela, 1992).

Se sabe que hasta 1992 existían 320 establecimientos fabricantes de alimentos para animales con una capacidad de producción de 12 millones de toneladas anuales, con una capacidad ociosa que oscilaba entre 25 y 30%. Cabe mencionar que cinco empresas generaban casi el 50% de la producción nacional, contando con una amplia cobertura (Santos – Pérez y Flores – Valenzuela, 1992).

Por otro lado, debido a la situación por la que actualmente atraviesa el país, se ha puesto en graves problemas al sector agropecuario dedicado a la crianza de ganado, primero elevando sus costos de producción hasta en un 200%; segundo, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio el alimento ahora se cotiza en dólares por lo que las erogaciones por su adquisición está sujeta a las fluctuaciones del mercado de dinero en donde, hasta la fecha, la política que se ha seguido ha sido errática.

Revisando la información oficial más reciente proporcionada por las autoridades del sector (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación –SAGARPA–), en las Tablas 9(a) y 9(b) es posible ver una tendencia creciente para los insumos alimenticios del sector ganadero; esta tendencia es evidente si se muestran las gráficas generadas a partir de datos para aves de carne y cerdos (Gráficas 4 y 5).

Tabla 9(a)

**Estimación de la demanda ganadera por granos forrajeros
en miles de toneladas**

(SAGARPA, 2001)

www.sagarpa.gob.mx

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*
Aves carne	1,681.2	1,932.2	2,014.5	2,454.4	2,606.5	2,958.0	2,892.7	2,903.7	3,300.3	3,490.5	3,734.4
Aves huevo	1,921.6	2,170.3	2,207.4	2,463.9	2,492.9	2,515.2	2,549.6	2,365.2	2,628.9	2,687.6	3,044.6
Pavo	38.7	37.1	41.3	31.7	32.5	34.6	34.6	33.5	39.6	40.6	58.5
Porcinos	3,223.7	3,223.7	3,255.0	3,280.6	3,433.9	3,655.9	3,674.2	3,729.3	3,814.4	3,921.3	4,066.4
Bovinos leche	2,143.7	2,378.0	2,386.2	2,736.3	2,782.0	2,941.2	2,785.7	2,846.4	2,720.5	3,097.6	3,292.9
Bovinos carne	737.2	563.1	596.6	641.6	662.6	959.5	904.9	1,257.3	1,341.3	1,408.7	1,629.2
Total	9,746.1	10,304.2	10,500.9	11,838.1	12,212.3	13,064.3	12,741.8	12,965.4	13,845.1	14,846.4	16,846.3

2000*, estimado

Tabla 9 (b)

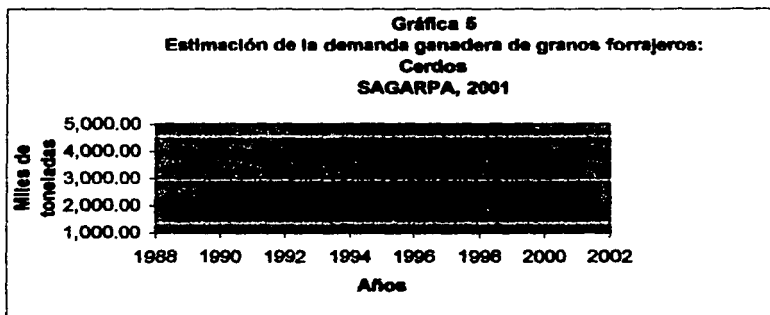
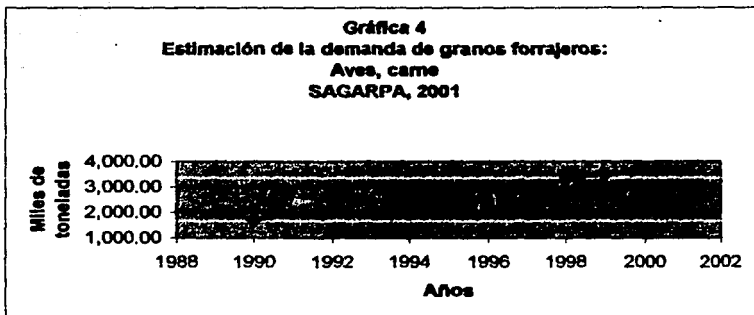
**Estimación de la demanda ganadera por pastas oleaginosas
en miles de toneladas**

(SAGARPA, 2001)

www.sagarpa.gob.mx

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*
Aves carne	554.8	637.6	664.6	810.0	890.6	976.2	954.6	958.2	1,089.1	1,151.9	1,232.4
Aves huevo	595.7	672.6	664.3	773.0	772.6	779.7	790.4	739.4	814.6	806.1	843.9
Pavo	12.6	12.2	13.6	10.5	10.7	11.4	11.4	11.1	16.7	13.4	19.3
Porcinos	612.5	612.5	618.4	623.3	652.4	694.6	679.1	708.6	724.7	745.0	777.0
Bov. leche	257.2	265.4	266.3	326.4	333.6	352.9	334.3	317.6	326.5	371.7	395.1
Bov. carne	81.1	61.6	65.6	62.6	94.6	105.5	99.5	136.3	147.5	155.0	179.2
Total	2,114.1	2,282.4	2,333.1	2,637.7	2,725.8	2,920.4	2,869.3	2,873.1	3,119.5	3,332.1	3,646.9

2000*, estimado



Como se observa, en los momentos más agudos de la última crisis económica (1994-95) esta tendencia ascendente pareció estancarse para retomar su ritmo de crecimiento una vez superada la emergencia económica. Además, se ha observado un crecimiento en la demanda de los alimentos domésticos desde 1991 a la fecha (INEGI, 1996).

VII. 3. Evaluación económica

Retomando nuevamente la experiencia con el EPAT y con las proyecciones de las tablas precedentes resulta posible pensar en el montaje de una planta pequeña con una producción modesta y que pueda ser absorbida sin dificultad por el mercado.

VII.3.1 Proyecciones de venta

De acuerdo con las dimensiones y capacidades del equipo montado por el EPAT, y mejorando los procesos de acuerdo con las recomendaciones del punto VI.4 se estima que, en un turno de 8 horas, es posible producir, con los equipos adecuados para una instalación industrial, hasta una tonelada de harina de residuos alimenticios. De acuerdo con esto y tomando en cuenta que en un mes hay alrededor de 20 días hábiles, en la fase inicial se estarían produciendo y vendiendo 20 toneladas mensuales de producto en una situación ideal. Anualmente el cálculo arroja un total de 240 toneladas, cifra que se podría duplicar si se introduce un segundo turno de trabajo. En tanto se logra una penetración en el mercado, arbitrariamente se puede fijar una producción por debajo de la capacidad instalada e incrementarla año con año de acuerdo con el comportamiento del mercado que según las gráficas 4 y 5 de demanda de insumos para la crianza de ganado muestran una tendencia creciente y constante a futuro.

De esta forma, los datos consignados en la Tabla 10 fueron recomendados por un ingeniero industrial con experiencia en diseño de equipo y arranque de plantas de proceso. Sin que estos valores sean absolutos y/o determinantes, representan la base de discusión para obtener los datos de ingresos por ventas. A la vez muestran que en el arranque, la producción debe ser modesta para poder corregir cualquier situación no prevista.

Tabla 10
Perspectiva de producción y venta de la harina forrajera
(Palomino, 1998)

Año	Perspectiva de venta (Ton)
2002	94
2003	100
2004	110
2005	120
2006	130
2007	140

Bases:

Capacidad de la planta: 20 toneladas / mes (para un turno de trabajo).

Precio de venta: 4.00 \$ / kg (más un incremento de 10% anual).

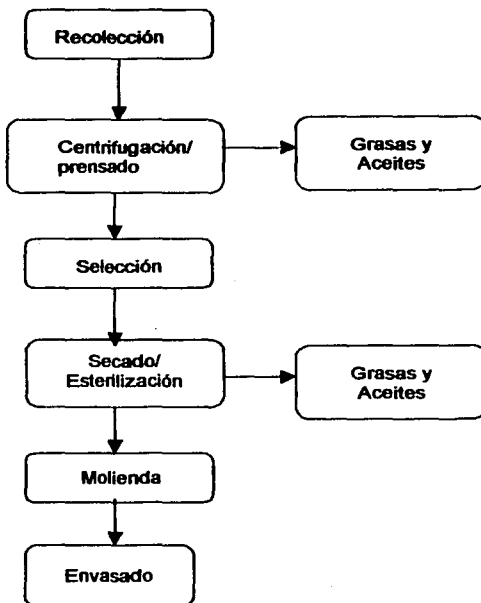
(Se fija este precio base en función del precio promedio de los principales piensos forrajeros⁴ y tomando en cuenta que la harina producida podrá ser utilizada como un ingrediente más en la fabricación de mezclas para consumo final; el porcentaje de incremento anual tanto en este caso como en los precedentes se sitúa en el 10% que es una proyección de la inflación anual que generalmente tiene como meta el gobierno⁵)

VII.3.2 Proceso

El diagrama de la Gráfica 6 ejemplifica el proceso propuesto.

⁴ Al momento de recabar información para este estudio (2002) los precios para los alimentos completos oscilaban entre 3.00 y 4.50 pesos/kilogramo

⁵ Normalmente el gobierno federal se ha fijado como meta alcanzar una inflación anualizada de un solo dígito.

Gráfica 6. Diagrama de proceso

En la Tabla 11 se presentan las ventas brutas y netas estimadas de la harina forrajera producida.

El concepto de las ventas brutas se obtiene multiplicando el precio sugerido por el volumen producido; a este monto se le aplica un impuesto moderado de 10% por considerarse que es, en cierta medida, un insumo básico. Respecto del material de empaque, su costo se obtuvo por cotización directa al mayoreo pensando en que deben contener 40 kg de producto; el costo total, también se obtiene multiplicando el costo unitario por el número de unidades.

Tabla 11
Ventas brutas y netas estimadas
de harina forrajera

Año	Ton vendidas	Ventas brutas	ISR (10%)	Ventas netas	Sacos necesarios	Costo del empaque
2002	96	\$384,000.00	\$38,400.00	\$345,600.00	2,400.00	\$2,400.00
2003	100	\$400,000.00	\$40,000.00	\$360,000.00	2,500.00	\$2,640.00
2004	110	\$440,000.00	\$44,000.00	\$396,000.00	2,750.00	\$2,904.00
2005	120	\$480,000.00	\$48,000.00	\$432,000.00	3,000.00	\$3,194.40
2006	130	\$520,000.00	\$52,000.00	\$468,000.00	3,250.00	\$3,513.84
2007	140	\$560,000.00	\$56,000.00	\$504,000.00	3,500.00	\$3,865.22

VII.4 Estimaciones de inversión y capital de trabajo

Para demostrar la bondad o viabilidad de un proyecto se requiere de conocer muchos elementos financieros relativos a él, no sólo sus ingresos; uno de ellos puede ser la relación costo/beneficio, o el nivel de riesgo involucrado, así como la tasa a la que se recupera la inversión inicial; en este caso algunos se estimaron y los posibles, se calcularon para darle sentido a la ecuación:

$$\text{Activos} - \text{pasivos} = \text{valor neto} \quad (1)$$

Los activos son todos aquellos bienes tangibles o no que la empresa posee y los pasivos son las obligaciones correspondientes a cantidades conocidas que se deben a los acreedores (Riggs, 1990). Una acotación especial merece el hecho de que el valor del dinero cambia con el tiempo y en este ejemplo de evaluación se emplearán dos métodos sencillos: el de rentabilidad promedio y el del periodo de pago; dichos métodos no consideran esto último y deben su aceptación a la relativa sencillez con que operan. Para una evaluación a profundidad se requiere un análisis y conocimiento minucioso de cómo se comportan los costos estimados, de la inflación y métodos más rigurosos de estimación económica como el de la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR).

VII.4.1 Inversión fija directa

En este rubro se considera el costo de maquinaria y equipo, como puede verse en la Tabla 12, así como el costo del terreno o inmueble mostrado en la Tabla 13. los costos se obtuvieron directamente por cotización con la empresa de diseño de maquinaria Multiopciones S.A. (Palomino, 1998. com. per)

Tabla 12.
Inversión fija directa
(Palomino, 1998)

Concepto	Costo estimado (\$)
Vehículo p/ recolección	147,000 ⁷
Recipientes de recolección	1,000
Centrifuga	10,000
Secador	50,000
Molino de martillos	10,000
Tolva p/ envasado	5,000
Báscula	3,000
Tanque p/ separación de aceite	2,000
Banda de separación	15,000
Bomba p/ llenado de tanque con filtro.	1,500
Maq. P/ cerrado de sacos	1,000
Conexiones eléctricas	1,000
Instrumentación	5,000
Ingeniería	5,000
Imprevistos	4,000
Subtotal	260,500.00

Subtotal de maquinaria y equipo \$ 260,500

Terreno (local)

Para tal fin es posible rentar el inmueble con opción a compra en un periodo de aproximadamente 6 años.

⁷ Cotización directa del modelo 2002 para el pickup largo estándar, dirección mecánica

Renta estimada: \$ 3,000 mensuales con un incremento de 10% anual. (Palomino, 1998. com. per)

Tabla 13.
Erogaciones por concepto de arrendamiento del inmueble

Año	Erogación (\$)
2002	36,000
2003	39,600
2004	43,560
2005	47,916
2006	52,707
2007	63,248.4
Subtotal	283,031.4

Total \$ 283,031.4

Total de la inversión fija.

Inversión fija directa \$ 260,500

Renta por 6 años \$ 283,031

Total \$ 543,531

VII.4.2 Capital de trabajo (ver Tabla 14)

Efectivo: 15 días del costo de producción menos la depreciación, más gastos de administración y venta.

Cuentas por cobrar: 45 días del valor de las ventas brutas.

Inventarios: 1 mes de producto terminado.

Cuentas por pagar: 1 mes del valor de las ventas brutas.

Tabla 14.
Capital de trabajo estimado

Año	Efectivo	Cuentas por cobrar	Inventarios	Cuentas por pagar	Total
2002	\$20,890.21	\$47,342.47	\$28,405.48	\$31,561.64	\$130,197.79
2003	\$22,678.03	\$49,315.07	\$29,569.04	\$32,876.71	\$134,458.85
2004	\$26,743.97	\$54,246.58	\$32,547.95	\$36,164.36	\$149,702.66
2005	\$30,843.67	\$59,178.08	\$35,506.85	\$39,452.05	\$164,980.65
2006	\$34,982.32	\$64,109.59	\$38,465.75	\$42,739.73	\$180,297.39
2007	\$39,168.09	\$69,041.10	\$41,424.66	\$46,027.40	\$195,659.24

VII.4.3 Inversión total (inversión fija + capital de trabajo)

$$130,197.79 + 543,531 = 673,728$$

VII.4.4 Pasivo a largo plazo: No se recomienda en virtud de las condiciones financieras prevalecientes.

VII.4.5 Capital social: Equivalente a la inversión inicial.

VII.4.6 Costo de producción (ver Tabla 15)

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN

Materias primas: Sin valor comercial apreciable en virtud de ser un residuo, además se considera que el costo de traslado a la zona de procesamiento corre por cuenta del generador como un servicio por la disposición de sus desperdicios.

Servicios: Electricidad:⁸ \$ 1/ kWh
 Combustóleo: 1.8 \$ / L
 Agua: 2.0 \$ / m³

Mano de obra

3 obreros con salario de 35 \$/día c/u

⁸ Electricidad trifásica, su costo esta en función del consumo, para tal fin se considera esta cantidad como un promedio

Total mensual: \$ 1050 Total anual: \$ 37,800
 Incremento anual: 5%

Mantenimiento

Estimada en 5% de la inversión inicial en maquinaria y equipo con un incremento anual de 5%: \$ 10,075

Material de empaque del producto

El producto se empaquetará en sacos de 40 kg, cuyo costo al mayoreo es de \$ 1 por unidad. El incremento anual estimado es de 10% en este caso.

Tabla 15.
Costos de producción

Materias primas	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Residuo orgánico*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicios						
Transporte	7,200.00	8,640.00	10,368.00	12,441.60	14,929.92	17,915.90
Electricidad	1,000.00	1,200.00	1,440.00	1,728.00	2,073.60	2,488.32
Agua	500.00	600.00	720.00	864.00	1,036.80	1,244.16
Combustoleo	3,000.00	3,600.00	4,320.00	5,184.00	6,220.80	7,464.96
Subtotal	11,700.00	14,040.00	16,848.00	20,217.60	24,261.12	29,113.34
Mano de obra	37,800.00	39,690.00	41,674.50	43,758.23	45,946.14	48,243.44
Mantenimiento	10,075.00	10,578.75	11,107.69	11,663.07	12,248.23	12,858.54
Empaque	2,400.00	2,640.00	2,904.00	3,194.40	3,513.84	3,865.22
Subtotal	60,275.00	62,908.75	65,686.19	68,616.70	71,706.20	74,967.20

* Recolectación, traslado, etc. corren por cuenta de los generadores.

GASTOS FIJOS (ver Tabla 16)

Supervisión: 1 Técnico \$ 3,000 mensuales con incremento de 5% anual.

Accesorios: \$ 5,000 anuales con incremento de 5%.

Seguro sobre activo fijo: \$ 5,000 anuales más 5% de incremento anual

Depreciación: La maquinaria y el equipo se deprecia en 10 años con un valor de reventa despreciable; \$ 21,850 (Palomino, 1998).

El método empleado en México para el cálculo de la depreciación es el de la línea recta y se calcula como sigue:

$$D = (P - Vr) / n \quad (2)$$

Donde:

P es el precio inicial de adquisición del equipo o pieza

Vr es el valor de reventa del equipo o pieza una vez que ha terminado su vida útil.

n es el periodo de vida útil del equipo en años.

Por lo tanto: $D = (218,500 - 0) / 10$

$$D = \$ 21,850$$

Los gastos fijos esperados para el periodo propuesto se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16.
Gastos fijos estimados

Item	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Técnico salario	36,000.00	37,800.00	39,600.00	41,674.50	43,758.23	45,946.14
Seguro c/robo activo	5,000.00	5,250.00	5,512.50	5,788.13	6,077.59	6,381.41
Depreciación	20,150.00	20,150.00	20,150.00	20,150.00	20,150.00	20,150.00
Subtotal	61,150.00	63,200.00	65,352.50	67,612.63	69,985.76	72,477.54

Gastos generales	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gastos de administración	13,824.00	14,400.00	15,840.00	17,280.00	18,720.00	20,160.00
Gastos de ventas	20,736.00	21,600.00	23,760.00	25,920.00	28,080.00	30,240.00
Subtotal	34,560.00	36,000.00	39,600.00	43,200.00	46,800.00	50,400.00
Costo total de producción	157,685.00	166,148.75	177,486.63	189,645.92	202,753.08	216,958.09

En la Tabla 17 se da el estado de resultados esperado en los primeros años.

Tabla 17.
Estado de resultados del 1 de Enero al 31 de Diciembre de cada año

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ventas netas	\$345,600.00	\$360,000.00	\$396,000.00	\$432,000.00	\$468,000.00	\$504,000.00
Costo de producción	\$157,685.00	\$166,148.75	\$177,486.69	\$189,645.92	\$202,753.08	\$216,958.09
Utilidad bruta	\$187,915.00	\$193,851.25	\$218,513.31	\$242,354.08	\$265,246.92	\$287,041.91
IVA (15 %)	\$28,187.25	\$29,077.69	\$32,777.00	\$36,353.11	\$39,787.04	\$43,056.29
Utilidad neta	\$159,727.75	\$164,773.56	\$185,736.32	\$206,000.97	\$225,459.88	\$243,985.63

VII.5 Métodos de evaluación

Respecto a los métodos propuestos, cabe decir que son dos de los más sencillos pero poco precisos. No obstante, el análisis mediante su empleo generalmente se utiliza como punto de partida para discusiones de rigor en torno a la factibilidad económica de un proyecto. El método de la rentabilidad promedio es muy sencillo de aplicar pues sólo es necesario conocer los estados financieros y la inversión total para tener una idea de la bondad económica del negocio; tiene en su contra el no considerar el valor temporal del dinero por un lado y, además, no toma en cuenta las variaciones de la utilidad de un año a otro.

A decir del método del período de pago, éste adolece en cierto sentido de lo mismo que el de la rentabilidad promedio pues los parámetros a considerar dentro de la ecuación de cálculo ignoran el valor temporal del dinero y son el promedio de cifras que pueden tener bruscas variaciones de un año a otro. En un país como México con crisis sexenales recurrentes es útil para decidir una evaluación más profunda de un proyecto; de esta forma, un buen negocio es aquel que aún teniendo baja tasa de rentabilidad consigue pagar la inversión inicial en un corto período. El proyecto ideal es aquel que tiene un periodo de recuperación corto y altas tasas de rentabilidad que, dicho sea de paso, son fijadas arbitrariamente por el inversionista o grupo financiero que hace posible la empresa.

VII.5.1 Rentabilidad promedio

Rentabilidad = (Utilidad promedio después de impuestos / Inversión total)*100 (3)

Inversión total = Inversión fija + Capital de trabajo promedio (4)

Inversión Fija = \$ 543,531

Capital de trabajo promedio = \$ 159,216

Total = \$ 702,747.00

Utilidad promedio = \$ 197,614.00

Rentabilidad = (\$ 197,614.00 / \$ 702,747.00) *100

Rentabilidad = 28.12%

VII.5.2 Período de Pago

Tiempo p/ recuperar la inversión = Inversión fija / (Utilidad después de impuestos + Depreciación + amortización) (5)

Inversión fija = \$ 543,531

Utilidad promedio = \$ 197,614.00

Depreciación = \$ 21,850.00

Tiempo p/ recuperar la inversión = \$ 543,531 / (\$ 197,614.00 + \$ 21,850.00)

Tiempo p/ recuperar la inversión = 2.4 años.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

VIII. CONCLUSIONES

Después del análisis económico se puede afirmar que, con una adecuada planeación y con una ingeniería de soporte apropiada, es factible procesar los desechos orgánicos provenientes de los residuos municipales. La planeación debe traer detrás un trabajo de concientización de los actores involucrados en la generación de este tipo de desperdicios ya que en la práctica se encontraron reticencias para colaborar separando los residuos orgánicos de los inorgánicos.

Los resultados de la evaluación económica de pre-factibilidad son alentadores ya que la inversión de, \$ 550,000 aproximadamente, se recupera en menos de dos años y medio para una producción de 20 T/mes.

Quizás el usar desperdicios de tipo alimenticio en la crianza de ganado no es en sí misma una novedad, sobre todo en las comunidades rurales donde por tradición los remanentes agrícolas se han usado casi desde siempre, la relevancia de este documento reside en sistematizar el conocimiento sobre la forma de atacar un problema en particular. La experiencia con el EPAT, A.C. proporcionó lecciones muy interesantes respecto a los hábitos de consumo de la gente, sus prejuicios respecto a cómo deben disponerse los desechos y qué tan difícil es cambiarlos.

Las lecciones de ingeniería son, a la distancia, menos importantes en el sentido de que de nada servirá poseer toda la infraestructura y el capital necesario si la gente (entiéndase todos) no modifica la visión respecto a la generación de residuos y a la actitud que se sigue para disponer de ellos.

Los resultados de la evaluación económica de pre-factibilidad son alentadores ya que la inversión, de \$ 550,000 aproximadamente, se recupera en menos de dos años y medio para una producción promedio de 20 T/mes.

BIBLIOGRAFÍA

- Almanza- Salgado, R y Muñoz-Gutiérrez F. 1994. Ingeniería de la energía solar. El Colegio Nacional, primera edición, México. D.F. México. 418 p.
- Deffis-Caso A. 1989. La basura es la solución. Editorial Concepto, primera edición. México. D.F. México. 277 p.
- Facultad de Química. 1991. Laboratorio de procesos de separación II (Manual) Facultad de Química, UNAM. México 1991. 211 p.
- INEGI. 1996. Consumo intermedio de la industria manufacturera y de la industria de alimentos y bebidas según rama de actividad. Sistema de Cuentas Nacionales, México, D.F.. México.
- Lechner, P. 1993 Material didáctico del Primer Diplomado Internacional de Ecología Y Protección Ambiental. Coordinación de Extensión Académica y PIQAYQA, Facultad de Química, UNAM. Módulos I a IV. Julio - Octubre, Celaya , Gto. México.
- Palomino, J.G. 1998. Comunicación personal. Multiopciones S.A. de C.V., México D.F. México.
- Paltrinieri, -G. 1981. Subproductos animales. Editorial Trillas, segunda edición 1990, segunda reimpresión 1998. México. 68 p.
- Riggs-L, J. 1990. Ingeniería Económica. Editorial Alfaomega, primera edición. México. 665 p.
- Santos-Pérez, A. y Flores-Valenzuela, J. 1992. Harina vegetal a partir de residuos orgánicos. En Memorias del VIII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y ambiental A.C., México. D.F. México. 8 p.
- Sax, I y Lewis, R. 1993 Diccionario de Química y Productos Químicos. Ediciones Omega, tercera edición, Barcelona. México. 1073 p.
- Sedesol -INE. 1998. Informe de la Situación General en Materia de equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993 - 1997. Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. México. D.F. México. 350 p.
- Seoanez-Calvo, M. 1998. Ecología Industrial: Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Industria y a la Empresa. Ediciones Mundi Prensa, segunda edición. México. D.F. México. 522 p.
- Solis-Fuentes, J. A. 1998. El aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos de la agroindustria alimentaria. Cinco ejemplos. Tesis de Maestría en

Ciencia de Los Alimentos. Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.

Treybal, R. E. 1988. Operaciones de Transferencia de Masa.
Editorial Mc Graw Hill, 2a. edición, México. D.F. México 858 p.

Valiente-Barderas A. 1990. Diccionario de Ingeniería Química.
Editorial Alhambra, primera edición, México. D.F. México. 237 p.

Página electrónica consultada:

[www. sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)