

**FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA PRODUCCION  
DE COMPOSTA CON DESECHOS  
MUNICIPALES DOMESTICOS BIODEGRADABLES**



**Tesis Presentada**

**Por**

**LORENA ISABEL GARZA HINOJOSA**

Presentada ante la Dirección Académica de la Universidad Virtual  
del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
como requisito parcial para optar  
el título de

**MAESTRA EN CIENCIAS**

Diciembre 2001

Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental

**FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN  
DE COMPOSTA CON DESECHOS  
MUNICIPALES DOMÉSTICOS BIODEGRADABLES**



**Tesis Presentada**

**Por**

**LORENA ISABEL GARZA HINOJOSA**

**Presentada ante la Dirección Académica de la Universidad Virtual  
del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
como requisito parcial para optar  
al título de**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**Diciembre 2001**

**Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental**



---

---

**"Factibilidad Económica de la Producción de Composta  
con Desechos Municipales Domésticos Biodegradables"**

**Tesis Presentada**

**Por**

**Lorena Isabel Garza Hinojosa**

**Presentada ante la Dirección Académica de la Universidad Virtual del  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
como requisito parcial para optar  
al título de**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**Diciembre 2001**

**Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental**

---

---

## **RESUMEN**

### **"Factibilidad económica de la producción de composta con desechos municipales domésticos biodegradables"**

**Diciembre 2001**

**LORENA ISABEL GARZA HINOJOSA**

**LICENCIADA EN CIENCIAS  
TEXAS A & M UNIVERSITY**

**MAESTRA EN CIENCIAS  
INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY**

**Dirigida por la M. en C. Margarita Gutiérrez**

El objetivo de este estudio es establecer un escenario que muestre la factibilidad de la producción de composta elaborada con desechos domésticos biodegradables utilizando las técnicas del composteo en pila y la lombricomposta.; en el parque Tepozán ubicado en la carretera Picacho, Ajusco en el Km. 11 en la delegación de Tlalpan en el D.F. También determina la viabilidad económica de dicho proceso mediante encuestas sobre el manejo de la basura, un sondeo de opinión y un análisis de mercado.

Se utilizó como sustrato, desechos vegetales de comida, suelo y hojarasca molida. La composta se obtuvo en 2 meses, y su valor nutricional fue limitado ya que la basura se mantuvo almacenada se descompuso en un ambiente pobre en aire, perdiéndose parte de los nutrimentos como biogás y lixiviado. Asimismo, la temperatura máxima de composteo también fue menor a la esperada por falta de materiales fácilmente degradables. Sin embargo, en poco tiempo se logró la humificación del material, como lo indica la relación C/N.

Las encuestas señalan que la población está dispuesta a entregar su basura separada para producir composta, sin embargo se recomienda utilizar los desechos de empresas de servicio que producen mayores volúmenes. El proyecto es factible desde el punto de vista económico, siempre y cuando se logre vender al menos el 30% de la producción a un precio al público de 10.00 pesos por kilo.

---



Agradezco profundamente a :

Elena Gottdiener, Marisa Avilés, Carmen Brussolo, Wendy García, Laura Aquino, Claudia Rodríguez, Enrique Rojas, Stephany Vallarta, Julio Aysa, Héctor Aguilar, Roque Barros, Luis F. Duarte, Ignacio Méndez, Gerino Guzmán, Julia Arévalo, Don Leo, Eréndira Cohen, a la Familia Gottdiener, a mi familia en particular a Lili, a mi padre<sup>†</sup> y a mi madre ya que su apoyo tanto material, como espiritual e intelectual fue determinante para la culminación de este estudio.

A las instituciones:

Al ITESM- CCM por la beca otorgada, al personal de la Planta de Tratamiento de Aguas del CCM, al Laboratorio de Análisis Microanalíticos, quienes patrocinaron los análisis químicos y biológicos, así como al personal de la Dirección de Apoyo Técnico (SEP), quienes me hicieron el favor de editar el video. A la cooperativa Huehucalli, por permitirme utilizar sus instalaciones para llevar a cabo el estudio. A GTZ por su apoyo en la parte técnica y por la donación de 5 kilos de lombrices para el estudio en el Parque Tepozán.

---

---

## Índice.

<b>Introducción .....</b>	<b>xi</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
1.1 Definición del problema y justificación .....	1
1.2 Objetivo y metas .....	4
1.3 Hipótesis de trabajo .....	5
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>6</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
2.1. Fundamentos de la composición del suelo .....	6
2.2. Principios de composteo .....	10
2.3. Descripción del proceso .....	11
2.4. Métodos de composteo .....	12
2.4.1 Windrow/ Hileras .....	13
2.4.2 Pila estática aireada .....	15
2.4.3 Bioreactor .....	16
2.4.4 Lombricomposta .....	18
2.4.4.1 Desarrollo y reproducción .....	20
2.4.4.2 La composición del humus .....	26
Producido por las lombrices	
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>30</b>
<b>Parte experimental .....</b>	<b>30</b>
3.1 Descripción de la zona de estudio (Parque Tepozán) .....	30
3.1.1 Ubicación .....	30
3.1.2 Aspectos Geográficos .....	31
3.1.3 Clima .....	31
3.1.4 Flora y Fauna .....	31
3.1.5 Uso de suelo .....	31
3.2 Experimento de campo .....	32
3.2.1 Método de composteo seleccionado .....	32
3.2.2 Caracterización de los desechos .....	32
3.2.3 Infraestructura .....	32
3.2.4 Desarrollo del proyecto .....	34
3.2.5 Análisis de laboratorio .....	35

---

---

---

---

3.3 Resultados del experimento de composteo .....	36
3.3.1 Humedad del sustrato .....	36
3.3.2 Temperatura durante el composteo.....	37
3.3.3 Evaluación de la composta .....	41
<b>Capitulo 4 .....</b>	<b>52</b>
<b>Proyecto de producción y comercialización de composta .....</b>	<b>52</b>
4.1 Naturaleza de la empresa.....	52
4.1.1 Descripción del producto .....	52
4.1.2 Clientela .....	52
4.1.3 Dimensión del mercado y sus tendencias .....	53
(análisis de mercado)	
4.1.4 Disponibilidad de materias primas .....	54
(desechos domésticos)	
4.1.5 Competencia .....	55
4.1.6 Sector del mercado y nivel de ventas proyectadas .....	55
4.2. Mercadotecnia y ventas .....	55
4.2.1 Objetivos.....	55
4.2.2 Plan para introducirse en el mercado .....	55
4.2.3 Lugar y distribución .....	56
4.2.4 Precio .....	56
4.3 Análisis costo-beneficio.....	56
4.3.1 Primer escenario composta.....	58
4.3.2 Segundo escenario composta.....	59
4.3.3 Primer escenario lombricomposta.....	59
4.3.4 Segundo escenario lombricomposta .....	59
<b>Capitulo 5 .....</b>	<b>61</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>61</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>63</b>
<b>Apéndice 1</b>	
<b>Apéndice 2</b>	
<b>Vitae</b>	

---

---

---

---

## Índice de Tablas.

### Capítulo 2

<b>Tabla 1</b> .....	<b>13</b>
Diferencia entre los procesos aerobios y anaerobios. (Tchoganobolous,1994).	
<b>Tabla 2</b> .....	<b>21</b>
Comparación de varios procesos biológicos de las especies vermicomposteadoras. (Slejska,1999).	
<b>Tabla 3</b> .....	<b>26</b>
Principales nutrientes en lombricompostas de diferentes sustratos. (Capistrán, et al. 1999).	
<b>Tabla 4</b> .....	<b>29</b>
Comparación de los métodos de composteo. (Slejska,1999).	

### Capítulo 3

<b>Tabla 1</b> .....	<b>37</b>
Humedad de los sustratos utilizados para la composta.	
<b>Tabla 2</b> .....	<b>37</b>
Temperaturas de la composta medida en cuatro puntos equidistantes.	
<b>Tabla 3</b> .....	<b>41</b>
Resultados de los parámetros químicos y bacteriológicos obtenidos de la composta.	
<b>Tabla 4</b> .....	<b>42</b>
Composición típica de una composta. (Val de Alfonso, 1997).	
<b>Tabla 5</b> .....	<b>A1</b>
Comparación de las compostas obtenidas en el valle de México.	
<b>Tabla 6</b> .....	<b>43</b>
Datos típicos sobre la composición de los lixiviados procedentes de vertederos nuevos y maduros.	
<b>Tabla 7</b> .....	<b>45</b>
Tabla comparativa de los resultados de la zona de estudio y Capulhuac contra el valor de referencia Val de Alfonso.	



<b>Tabla 8</b> .....	<b>46</b>
Porcentaje de nitrógeno en el suelo.	

#### **Capítulo 4**

<b>Figura 1</b> .....	<b>57</b>
Mapa de ruta.	

## Índice de Figuras.

### Capítulo 1

<b>Fig. 1</b> .....	<b>3</b>
Técnicas Físicas, Químicas y Biológicas para el tratamiento de los D.S.M.	

### Capítulo 2

<b>Fig. 1</b> .....	<b>8</b>
Descomposición de la materia orgánica.	
<b>Fig. 2</b> .....	<b>10</b>
Ecuación del proceso de Composteo.	
<b>Fig. 3</b> .....	<b>15</b>
Fotografía sistema de volteo mecánico /industrial.	
<b>Fig. 4</b> .....	<b>16</b>
Pila estática aireada.	
<b>Fig. 5</b> .....	<b>17</b>
Reactor con mezcla dinámico horizontal.	
<b>Fig. 6</b> .....	<b>17</b>
Reactor cilíndrico rotativo.	
<b>Fig. 7</b> .....	<b>17</b>
Reactor flujo-pistón sin mezcla vertical.	
<b>Fig. 8</b> .....	<b>20</b>
Ejemplo de lombriz.	
<b>Fig. 9</b> .....	<b>22</b>
Lombricomposteador casero.	
<b>Fig. 10</b> .....	<b>23</b>
Fotografía Sistema de lombricomposteo.	
<b>Fig. 11</b> .....	<b>23</b>
Fotografía Unidad de lombricomposteo.	

### Capítulo 3

<b>Fig. 1</b> .....	<b>30</b>
Mapa ubicación de la zona de estudio.	
<b>Fig. 2</b> .....	<b>33</b>
Fotografía del Parque.	
<b>Fig. 3</b> .....	<b>33</b>
Plano de las cunas Parque Tepozán.	
<b>Fig. 4</b> .....	<b>34</b>
Foto de lombrices.	
<b>Fig. 5</b> .....	<b>35</b>
Foto de cunas tapadas.	
<b>Fig. 6</b> .....	<b>39</b>
Variación de la temperatura con el tiempo de la composta.	
<b>Fig. 7</b> .....	<b>40</b>
Variación de la temperatura ambiente a las 7 a.m.	
<b>Fig. 8</b> .....	<b>41</b>
Variación de la temperatura ambiente a las 13:00 p.m.	
<b>Fig. 9</b> .....	<b>47</b>
Nitrógeno.	
<b>Fig. 10</b> .....	<b>48</b>
Fósforo.	
<b>Fig. 11</b> .....	<b>49</b>
Potasio.	
<b>Fig. 12</b> .....	<b>50</b>
Magnesio.	
<b>Fig. 13</b> .....	<b>51</b>
Calcio.	

## Introducción.

Los desechos o basura son materiales u objetos que el productor o consumidor descarta por razones técnicas, económicas, sociales, culturales, legales o de cualquier otra índole. Sin embargo, cuando las condiciones cambian, estos materiales pueden ser revalorizados. Por ejemplo, los desechos de comida que generalmente se confinan en rellenos sanitarios pueden ser utilizados como un fertilizante orgánico cuando se cuenta con el conocimiento técnico y la infraestructura adecuada.

En la naturaleza no hay basura, fue el ser humano quien al intervenir en los procesos naturales para mejorar sus condiciones de vida, empezó a desechar todo aquello que no necesitaba. Durante mucho tiempo las bajas cantidades y la composición permitieron que esta basura se integrara rápidamente al ambiente por la actividad de los microorganismos que la biodegradaban, pero con el crecimiento de la población, el aumento acelerado del consumo y el cambio en su composición, la basura se ha convertido en uno de los factores contaminantes con mayor impacto para el suelo, el agua y la atmósfera (Gutiérrez, 2000; CONAFE, 1995; INEA, 1994; Deffis, 1994).

En México, hasta hace poco tiempo, la basura era biodegradable ya que en su mayor parte provenía de los alimentos o productos de origen natural (desechos orgánicos). No obstante, a partir de la industrialización que se inició en la década de 1950, la basura cada vez contiene más productos sintéticos que son muy poco reactivos y se van acumulando en el entorno, como los plásticos o el aluminio. Sin embargo, existen otros como los metales que se encuentran en baterías, hidrocarburos y residuos de aceites, que reaccionan fácilmente en el medio ambiente (CONAFE, 1995; INEA, 1994; Deffis, 1994).

Los desechos se han clasificado por el tipo de generador en industriales, comerciales, agrícolas, servicios municipales y domésticos. Aquellos que son responsabilidad del municipio se denominan “desechos sólidos municipales” (Tchoganobolous, 1994).

Aunque el tema principal de esta tesis es el manejo de residuos sólidos biodegradables domésticos para la producción de composta o abono orgánico, no debemos olvidar que esta actividad forma parte de las alternativas que se han propuesto para la solución del problema ambiental que ocasiona el inadecuado acumulamiento de los residuos sólidos municipales. Este estudio también está encaminado a comprobar si la elaboración de un abono orgánico procesado a través de la técnica de composteo en hilera y lombricomposta (abono orgánico a partir de lombrices), puede ser un proyecto sustentable para la implantación de plantas de composteo en cualquier comunidad o municipio usando los residuos sólidos biodegradables domésticos.

---

---



Este estudio se realizó en el parque Ecológico Tepozán ubicado en el Km. 11 de la carretera Picacho-Ajusco, delegación Tlalpan del Distrito Federal. Este parque pertenece a la Cooperativa Huehucalli, la cual tiene como objetivo desarrollar proyectos sustentables como la recuperación y restauración de los bosques, el uso de residuos sólidos, etcétera.

## Capítulo 1

### 1.1 Definición del problema y justificación.

En la mayor parte de los países con bajos recursos económicos se depositan los desechos sólidos en basureros a cielo abierto y, en el mejor de los casos, se confinan en rellenos sanitarios o se incineran. Los impactos que esto provoca en el ambiente son múltiples y particulares. En general, dichos impactos están relacionados con la degradación del suelo, la contaminación del agua y de la atmósfera; además, la basura conforma un medio propicio para la proliferación de fauna nociva y reduce la calidad de los espacios de vida. (Trejo Vásquez, 1994).

Por lo tanto, la sociedad en su conjunto y especialmente los gobiernos son responsables directos de implantar métodos más racionales para el manejo de los desechos sólidos. Se debe buscar la reducción y minimización de los residuos, considerando que “es necesario modificar la composición de los productos, de forma que puedan ser fácilmente recuperables o reciclables, que permitan un mejor aprovechamiento y una eliminación más fácil y menos costosa” (Bautista, 1998), como es el caso de los desechos orgánicos biodegradables, la producción de composta y el reciclaje. Mediante técnicas de reducción química es posible reutilizar plásticos y otros productos industriales. En cualquier caso es necesario evaluar el costo ambiental o el gasto energético de los procesos de recuperación o transformación, procurando que no sea mayor el costo de recuperación al impacto ambiental que producen los desechos.

Al igual que la gran mayoría de los países en desarrollo, México elimina y desperdicia una gran cantidad de residuos orgánicos, tanto en la actividad agroindustrial y pecuaria como en la urbana (aproximadamente un 50% de la basura generada en el país es de carácter biodegradable, SEDESOL, 1995). En términos generales, la materia orgánica se dispone en terrenos y barrancos o incluso es arrojada en ríos y arroyos sin que exista un aprovechamiento racional o un reciclaje sistemático de los mismos (Capistrán *et al.* 1999). Es irónico que en una época de escasez alimentaria, casi la mitad de la basura sean residuos orgánicos (Sentíes *et al.*, 2000), la cual se podría utilizar para la regeneración de los suelos. En nuestro país, la degradación de los suelos ocurre a ritmos que rebasan su proceso de formación. Según estudios en México, se estima que se pierden entre 150 y 200 mil hectáreas por año, en diferentes procesos de erosión y se calcula que en los últimos 30 años se ha perdido más suelo que en toda su historia. (SEMARNAP, 2000).

Existen actualmente algunas empresas dedicadas al reciclaje de productos, pero son muy pocas las que se dedican a producir composta. La mayoría de las plantas de composta son manejadas por los municipios y tienen problemas debido a su rentabilidad. Además, muchos de estos proyectos se iniciaron de manera empírica, es decir, sin bases técnicas suficientes ni estudios de mercado.

---

---

La tendencia actual en México para solucionar los problemas de basura orgánica es la instalación de rellenos sanitarios, ya que hay muchas compañías dedicadas a su manejo. El proceso es relativamente simple y no requiere grandes proyectos de ingeniería, solamente se necesita una planeación de operación en el área con un relativo control químico. Los rellenos sanitarios se sostienen gracias a cuotas por parte de los usuarios. Es una técnica en la que se reduce el impacto visual rápidamente, disminuyendo la conflictiva social que se desarrolla a su alrededor.

Antes de decidirse por un relleno sanitario es muy importante evaluar sus limitaciones, pues “en la práctica los costos de los rellenos sanitarios gravitan generalmente sobre los raquíticos presupuestos municipales, reduciendo recursos asignados a otros ámbitos, como salud y educación” (Trejo Vázquez, 1994). Además, como la calidad de los rellenos está en función de lo que reciben, cuando los ingresos por cuotas son bajos, se reducen los controles del proceso.

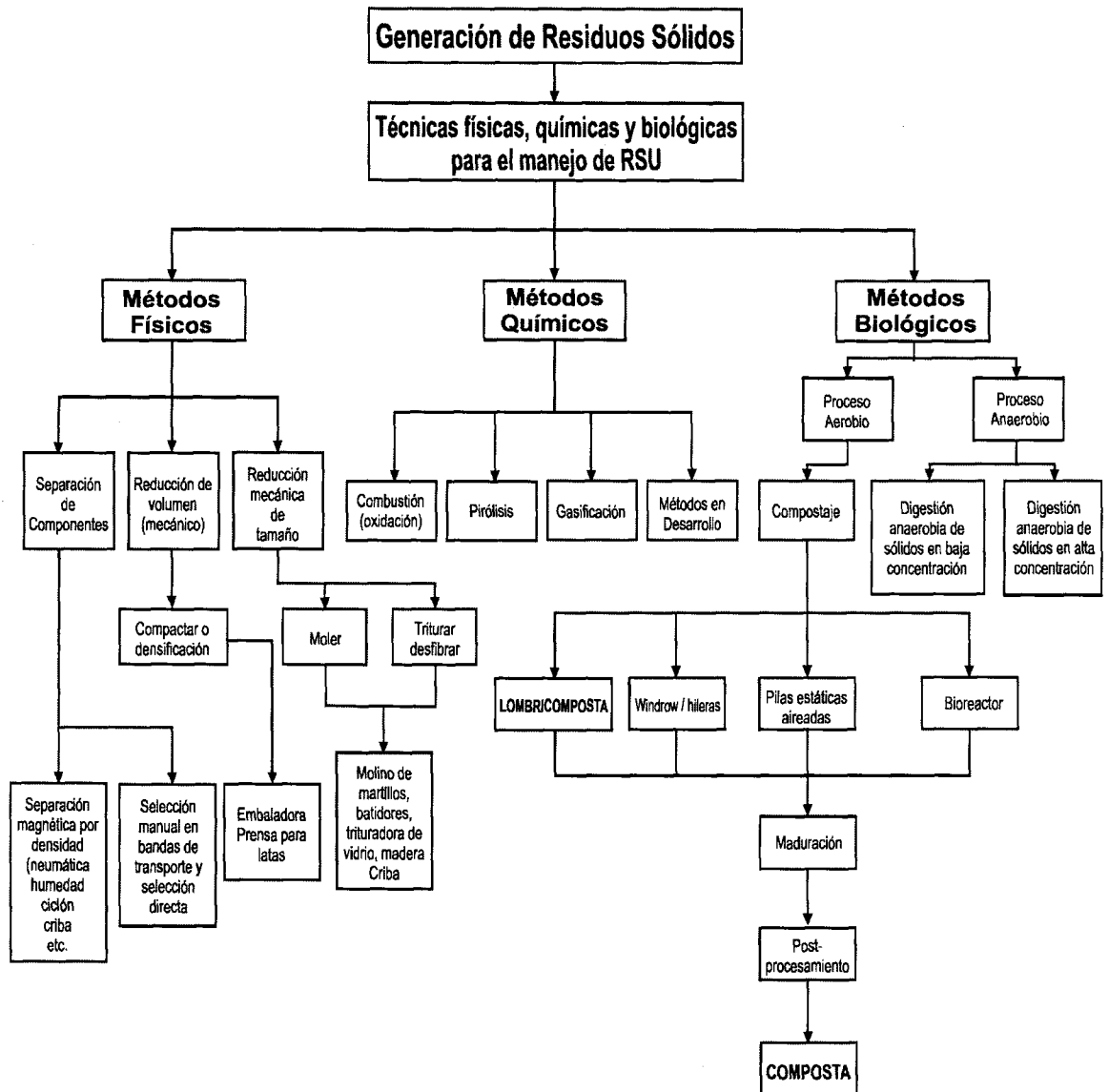
Desde el punto de vista del entorno ambiental, el relleno sanitario tampoco resulta una solución adecuada ya que se pierden grandes cantidades de micronutrientes que contaminan la atmósfera como gases invernadero y como lixiviados, los cuales son contaminantes potenciales de los acuíferos y otros cuerpos de agua. “Existen evidencias de que cuando la materia orgánica es acumulada en grandes volúmenes, ésta no puede degradarse y transformarse naturalmente, sino que permanece inalterada y sin modificación significativa durante largos periodos de tiempo, pudiendo encontrarse casi igual después de varios años, aun aquellos materiales que por sus características son fácilmente degradables” (Capistrán *et al.*, 1999).

Por lo tanto, se deben promover otro tipo de alternativas a los rellenos sanitarios, especialmente plantas de composteo, cuidando que los nuevos proyectos estén fundamentados técnica, económica y socialmente.

El recuperar los nutrientes necesarios para la vida cerrando el ciclo natural de descomposición, conforma uno de los principios del desarrollo sustentable. El uso controlado de la composta para no generar contaminación por nitratos, aunado a su bajo costo, sus cualidades físicas y químicas naturales, necesariamente se traducen en una mejor calidad y producción de los productos agrícolas.

Cabe señalar que actualmente las perspectivas para el composteo, especialmente en México, han mejorado, ya que los problemas asociados al uso de fertilizantes químicos, como la eutroficación de cuerpos de agua y degradación de suelos, han estimulado su sustitución creando un mercado creciente para la composta que es un producto natural (Nebel *et.al.*, 1996).

**Figura 1. Técnicas físicas, químicas y biológicas para el tratamiento de Desechos Sólidos Municipales.**





Para poder planear proyectos es necesario contar con información suficiente, por lo que realizar estudios sobre el tema del composteo es muy importante. En efecto, puede parecer relativamente sencillo elaborar composta, pero un proyecto de manejo de Desechos Sólidos Municipales (DSM) es integral y no puede limitarse a la fase de producción, debe planearse tomando en cuenta las operaciones de acopio, separación, transporte y disposición de los materiales orgánicos, así como de los factores socio-económicos y políticos que enmarcan la problemática. Esta visión integral es básica, ya que si alguno de estos componentes no trabaja con eficiencia, todo el proceso de composteo se ve afectado (Campos *et al.*, 1998; Tchobanoglous, 1994).

## **1.2 Objetivo y Metas.**

El objetivo de este estudio es realizar una investigación en el parque Tepozán para establecer un escenario que muestre la factibilidad de la producción de un abono orgánico, elaborado con desechos domésticos biodegradables, a través de la técnica del composteo en pila y la lombricomposta.

También pretende determinar la viabilidad económica de dicho proceso a través de aplicaciones de encuestas sobre el manejo de la basura, un sondeo de opinión y un análisis de mercado, con el fin de que este proyecto pueda servir de base para el desarrollo de otros en comunidades con características similares.

Las metas a lograr son las siguientes:

- Determinar la composición y volumen de los DSM.
- Analizar las características físicas y químicas de los desechos relacionadas con el proceso de composteo (P, Ca, Mg, Nt, K, C/N, carga bacterial).
- Seleccionar los métodos de composteo adecuados a las condiciones de los medios físico, biológico y socio-económico de la zona de estudio y determinar cuál es el mejor.
- Establecer la escala del experimento piloto.
- Determinar con base en el experimento y la bibliografía, los impactos ambientales del proceso de composteo.
- Establecer los escenarios de análisis de opinión y factibilidad económica que permitan la producción de la composta a largo y corto plazo, en zonas con características similares.

### **1.3 Hipótesis de trabajo.**

Es posible producir composta con desechos biodegradables (desperdicios de alimentos con alta humedad y residuos vegetales), mediante técnicas de composta y lombricomposta. Por sus costos de producción y comercialización, estas técnicas pueden ser aplicadas en cualquier comunidad o municipio con características similares a la zona de estudio.

## CAPITULO 2

### Antecedentes.

#### 2.1 Fundamentos de la composición del suelo.

El suelo es el material que permitió el desarrollo de la vida fuera de los cuerpos de agua (océanos, lagos, etcétera). Es el material que acumula, transforma y aporta los nutrimentos a la vida vegetal. La composta es un material orgánico que rápidamente se integra al suelo y mejora sus condiciones, siempre y cuando cumpla con un mínimo de calidad. Por lo tanto, en un estudio para producir composta es esencial comprender las características y funcionamiento del suelo.

El suelo se ha definido de muy diversas maneras, pero de manera sencilla podemos decir que es un material heterogéneo formado por compuestos inorgánicos y orgánicos, los cuales coexisten en forma sólida en una solución o en forma gaseosa en el aire. El suelo se forma por la intemperización de los minerales y rocas que conforman la superficie terrestre, a través de la erosión física producto de cambios de temperatura, fuerza del viento, etcétera, los cuales disminuyen el tamaño de las partículas y aumentan la superficie de contacto, con lo cual permiten que diferentes agentes químicos (agua, detritus, etcétera), empiecen a reaccionar con mayor o menor rapidez, dependiendo de la cantidad de microorganismos que proliferen formando compuestos químicos sólidos de tamaño muy pequeño denominados coloides (Gutiérrez, 2000).

Estos coloides, ya sean inorgánicos (arcillas, oxi-hidróxidos) u orgánicos (humus), retienen los nutrimentos en su superficie activa, lo que evita que estos sean arrastrados por el agua, pero al mismo tiempo pueden ser aportados a la solución fácilmente cuando las plantas lo necesitan (capacidad de intercambio). Además de proveer alimentos (fertilidad), el suelo retiene y purifica el agua, amortigua los cambios de temperatura, funciona como sostén físico de la vegetación, etcétera. El tiempo necesario para formar un suelo es variable, pero se trata de un proceso muy lento, especialmente cuando se trata de la formación de arcillas. La pérdida de humus y el colapso del suelo superficial se denomina mineralización; cuando ésta sucede lo que queda es arcilla, barro y arena, sin humus (Nebel, *et al.*, 1996). Por ello es necesario restituir la materia orgánica perdida, una manera de hacerlo es utilizando composta.

A diferencia de los fertilizantes químicos que aportan los nutrimentos principales en forma soluble y pueden ser arrastrados por el agua creando problemas de eutroficación (exceso de alimento en cuerpos de agua), salinización o contaminación de los acuíferos, el uso de la composta permite que el suelo no pierda la materia orgánica natural (MON), protegiendo sus características físicas (textura, color, etcétera) y químicas, especialmente su capacidad amortiguadora

(control del pH), conservando las suficientes concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio y, en general, todos los macro y micro nutrimentos necesarios para la vegetación (Nebel, *et al.*, 1996).

En la figura 1 se presenta un diagrama de la composición de la materia orgánica natural que está formada por todos los residuos de vegetales (biomasa) y los residuos animales (detritus) que han quedado como residuos, así como el producto de descomposición de estos materiales por la acción de microorganismos que se conoce como humus.

Este es un material activo químicamente y es en gran parte responsable de las características físicas del suelo, como textura y temperatura, entre otras. El humus no es un compuesto con una composición constante, sino sumamente cambiante. Sin embargo, podemos hablar de tres tipos de compuestos:

**Huminas:** compuestos heterocíclicos de carbono e hidrógeno, no polares y poco reactivos, ya sean saturados o insaturados.

**Ácidos húmicos:** sustancias orgánicas con una mayor proporción de grupos oxidados como alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos, lo cual les da un carácter polar.

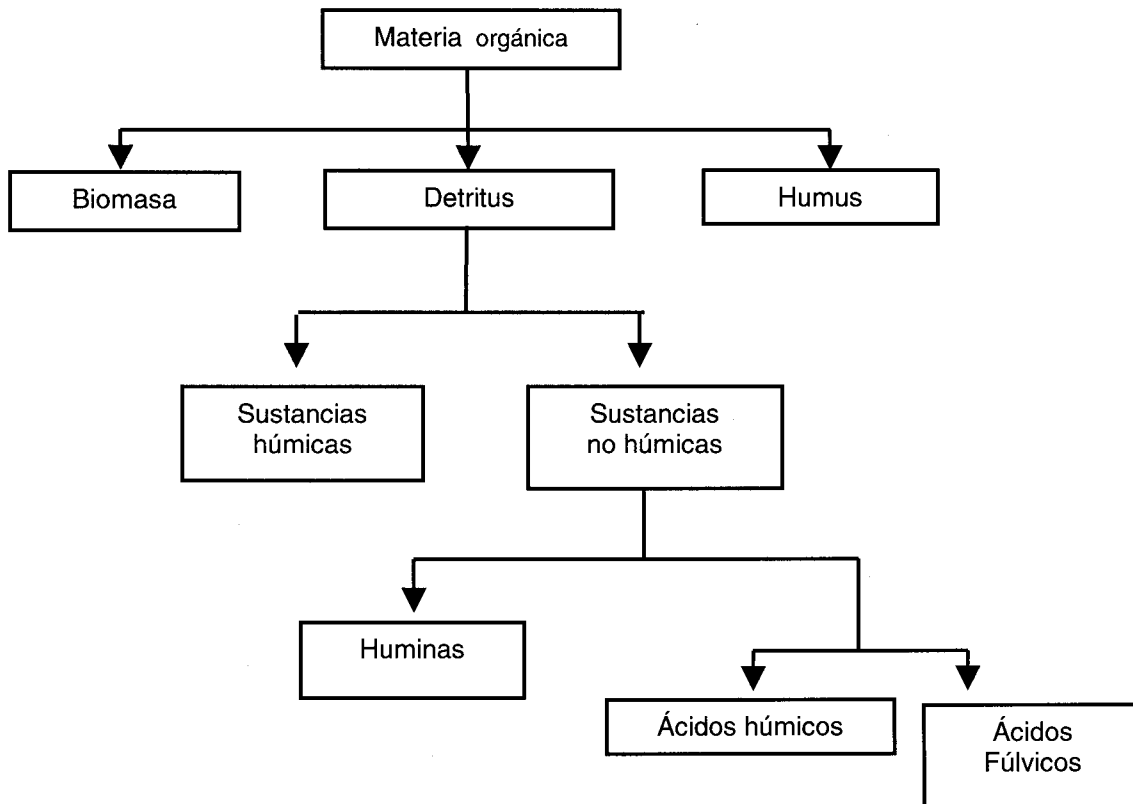
**Ácidos fúlvicos:** grupos orgánicos de menor tamaño con una baja proporción de compuestos orgánicos no polares y una alta concentración de compuestos polares con terminales O-H y N-H (Brady, 1999).

En un ecosistema no alterado, los procesos químicos son cerrados, esto quiere decir que la cantidad de un elemento se mantiene constante a través de diferentes ciclos. Un ejemplo es el carbón, el cual se emite como dióxido de carbono a la atmósfera durante la respiración de las plantas y otros procesos de oxidación, pero regresa a las plantas a través de la fotosíntesis y al suelo debido a la oxidación de los residuos vegetales y animales, manteniendo un equilibrio. Lo mismo sucede con el nitrógeno, el fósforo, etcétera. Sin embargo, las actividades antropogénicas, tales como la agricultura, la deforestación, los incendios, el arado (erosión) y el drenaje artificial, han alterado este equilibrio, creando una pérdida neta de carbono (Brady, 1999; Nebel, *et al.*, 1996).

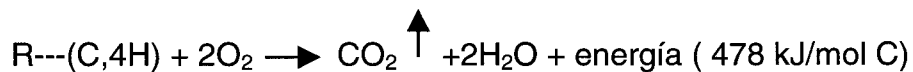
Los procesos de descomposición de la materia orgánica en el suelo son oxidantes o aerobios, pero cuando no hay suficiente aire se producen procesos anaerobios. La descomposición orgánica aerobia es la más rápida y eficiente, ya que el oxígeno actúa como receptor de electrones (Brady, 1999). La oxidación es una reacción exotérmica que libera energía en cantidades que dependen del producto final, pero cuya eficiencia se mide respecto a la reacción extrema en la que toda la materia orgánica forma CO<sub>2</sub>.



**Fig.1. Composición de la materia orgánica.**



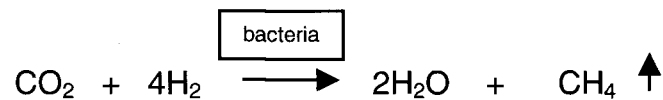
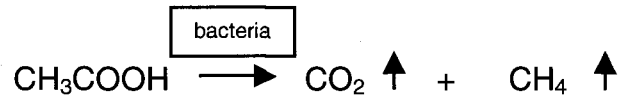
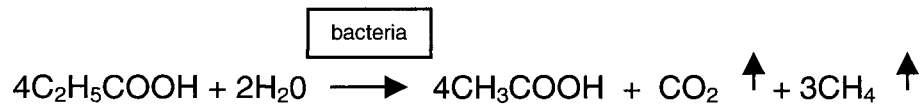
La ecuación general es:



Con la ausencia de oxígeno, la descomposición se lleva a cabo más lentamente. Se trata de una reacción de reducción en la que se ganan electrones y se forman hidrocarburos, especialmente metano, monóxido de carbono, amoníaco, biogas, etcétera y otros productos de menor grado de reducción que el dióxido de carbono, como alcoholes, aldehídos o ácidos orgánicos.

El biogas, especialmente por su contenido de metano que se desprende directamente al ambiente producto de la metabolización por bacterias metanogénicas, está considerado como uno de los gases asociados con el efecto invernadero (Brady, 1999), pero mediante técnicas especiales para reducir su humedad y evitar la formación de SOx y otros gases tóxicos, puede ser utilizado como combustible.

La reacción de la descomposición anaerobia es la siguiente:



La descomposición y mineralización puede llevar días o años y depende básicamente de dos factores:

### Condiciones del suelo.

Calidad de los residuos vegetales y animales que son fuente de alimento para los microorganismos.

Las condiciones ambientales que conllevan una rápida descomposición y mineralización incluyen un pH casi neutro, humedad y buena aireación (aproximadamente el 60% de los poros del suelo debe estar ocupado por agua) y temperaturas entre los 25 y 35° C. Otro factor importante es el tamaño de las partículas, ya que a menor tamaño la descomposición se lleva a cabo más rápidamente. Mediante procesos físicos se rompen las paredes de las células que contienen grupos lignicios y están cubiertas por compuestos orgánicos de muy baja reactividad como ceras, facilitando el ataque químico.

Cuando los residuos se encuentran sobre el suelo se convierten en un factor físico que desfavorece su descomposición e integración, pues evita la aeración, la humectación y el contacto con los microorganismos. No obstante, si los residuos se mezclan con el suelo, con un tamaño de partícula adecuado y bajo condiciones favorables (humedad, temperatura, balance nutrimental, pH, etcétera), se logra acelerar el proceso.

## La influencia de la tasa de C/N en la descomposición.

Los microorganismos del suelo requieren de nutrientes balanceados para desarrollarse, entre estos se cuentan el carbono y el nitrógeno. En promedio, los microorganismos del suelo deben de incorporar en sus células aproximadamente ocho partes de carbono por una parte de nitrógeno. Ya que sólo una tercera parte de carbono será incorporada a sus células, el resto se elimina como dióxido de carbono, por lo tanto se requieren 24 partes de carbono por una de nitrógeno para lograr el balance adecuado (Nebel, *et al.*, 1996).

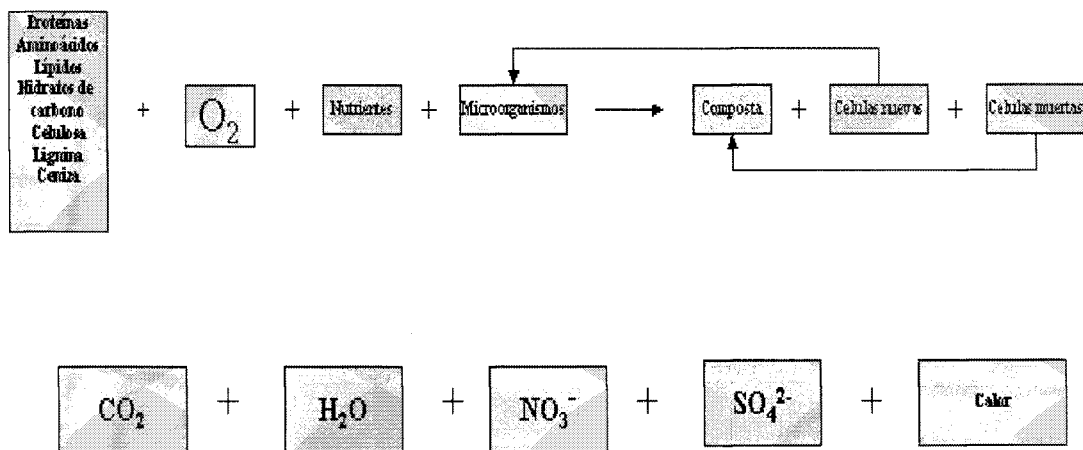
Lo anterior es un factor muy importante ya que si no utilizamos la tasa antes mencionada, el proceso se verá afectado y obtendremos un suelo empobrecido, por la falta de algún nutrimento.

## 2.2 Principios del composteo.

El composteo es el proceso natural de descomposición y reciclaje del material orgánico convirtiéndolo en tierra rica en humus (Risse y Faucette, 2000). Con la excepción de los componentes plásticos, de goma y de cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los residuos sólidos urbanos se puede considerar compuesta por proteínas, aminoácidos, lípidos, hidratos de carbono, celulosa, lignina y ceniza. A través del composteo, los nutrientes disponibles y las fuentes de energía son convertidos en dióxido de carbono, agua y una compleja forma de materia orgánica conocida como composta (Tchobanoglous, 1991).

En forma de ecuación se puede representar el proceso de composteo de la siguiente forma:

Fig. 2. Ecuación del proceso de composteo.



---

Los objetivos generales del composteo son:

- Reducir el volumen original de los residuos, transformándolos en materiales orgánicos biodegradables estables.
- Destruir microorganismos patógenos (huevos de insectos y otros organismos no deseados que puedan estar presentes en los DSM).
- Retener el máximo contenido nutricional (nitrógeno, fósforo y potasio).
- Elaborar un producto que se pueda utilizar como fertilizante del suelo.

En general, las características químicas y físicas de la composta varían según la naturaleza de la materia prima, de las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la operación de composteo y de la magnitud de la descomposición.

Algunas propiedades de la composta que la distinguen de otros materiales orgánicos son (Tchobanoglous, 1994):

- La variación en el color desde un color marrón hasta un marrón oscuro.
- Baja relación carbono-nitrógeno.
- Naturaleza continuamente cambiante debido a la acción de microorganismos.
- Alta capacidad para el intercambio de cationes y la absorción de agua.

### **2.3 Descripción del proceso.**

La mayoría de las actividades modernas de composteo están constituidas por tres pasos básicos (Tchobanoglous, 1994):

- Preparación de los DSM.
- Descomposición de la fracción orgánica de los DSM.
- Control de calidad y venta de la composta final.

En la preparación de los DSM para el composteo son esenciales los siguientes pasos:

- Recepción.
- Separación de materiales recuperables.
- Reducción en el tamaño (molido).
- Determinar las propiedades de los residuos.

La descomposición se puede efectuar a través de varias técnicas:

- Hileras.
- Pilas estáticas.
- Composteo en reactor.
- Lombricomposta.

El control de calidad y la comercialización tienen lugar una vez curada y estabilizada la composta. La preparación y comercialización del producto puede incluir :

- Trituración fina.
- Cribado.
- Clasificación neumática.
- Trituración y dosificación de aditivos.
- Granulado.
- Puesta en sacos.
- Almacenamiento y transporte.
- Venta directa.

#### **2.4 Métodos del composteo.**

Existen dos tipos básicos de composteo: aerobio y anaerobio. Ambos procesos tienen cabida en la gestión de residuos sólidos y cada uno ofrece distintas ventajas.

El funcionamiento general de los procesos anaerobios es más complejo que el de los procesos aerobios. Sin embargo, los procesos anaerobios ofrecen el beneficio de la recuperación de energía en forma de gas metano, por lo que son productores netos de energía (Finstein, et. al, 1986).

Por lo contrario, los procesos aerobios son consumidores netos de energía porque necesitan de oxígeno para la conversión de residuos, pero tienen como ventaja un funcionamiento relativamente sencillo y si se operan correctamente, pueden reducir significativamente el volumen de la porción orgánica de los DSM.

Para tener una idea más clara de las diferencias entre ambos procesos, presentamos una tabla comparativa de los procesos de composteo:

**Tabla 1. Diferencia entre los procesos aerobios y anaerobios. (Tchobanoglous *et al.*, 1994):**

Característica	Procesos aerobios	Procesos anaerobios
Uso energético	Consumidor neto de energía	Productor neto de energía
Productos finales	Humus, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Fangos, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
Reducción de volumen	Hasta un 50%	Hasta un 50%
Tiempo de procesamiento	20-30 días	20-40 días
Objetivo primario	Reducción de volumen	Producción de energía
Objetivo secundario	Producción de composta	Reducción de volumen, estabilización de residuos

Nos limitaremos a describir el proceso aerobio, considerando que es el más eficiente y el que manejamos en nuestro estudio.

Existen básicamente cuatro tipos de procesos de composteo aerobio:

#### **2.4.1 Hileras o Windrow.**

El composteo en hilera es uno de los métodos más antiguos para obtener composta. En su forma más sencilla, se dispone el material orgánico en hileras de 2.5 a 3 m de altura por 7 a 9 m de ancho en la base. Un sistema básico podría utilizar una pala frontal mecánica para voltear la hilera una vez al año. Sin embargo, siguiendo este sistema la descomposición tardaría de tres a cinco años en completarse. Si el material no se voltea, emitirá olores putrefactos, ya que algunas partes de las hileras pasarían por un proceso anaerobio.

Ahora bien, para un sistema rápido y eficiente como el que se requiere para una planta de composteo industrial, las características necesarias serían las siguientes:

Una sección transversal de 2 a 2.3 m de altura por 4.5 a 5 m de ancho. Las dimensiones de las hileras dependerán del tipo de equipo que se utilizará para voltear los residuos fermentados. Antes de formar las hileras se procesa el material orgánico mediante trituración y cribación, hasta obtener un tamaño de aproximadamente 2.5 a 7.5 cm y un contenido de humedad ajustado entre 50 y 60%. En estos sistemas de alto rendimiento es necesario voltear hasta dos veces por semana la hilera mientras se mantiene la temperatura a 55° C o un poco más.

Esto es de suma importancia, debido a que la temperatura tiene una especial influencia sobre la actividad microbiana y las tasas respiratoria, metabólica y reproductiva, en especial sobre la formación de compuestos nitrogenados (Sentíes *et al.* 2000). Barois (1992) midió la actividad microbiana a 28°, 21° y 15° C. Cuando la temperatura bajó de 28° a 21°, la actividad microbiana disminuyó tres veces y a 15° C bajó ocho veces. En los compuestos nitrogenados la temperatura tiene influencia sobre el tipo de compuestos liberados. Syers y sus colaboradores (1982), encontraron mayor contenido de NH<sub>4</sub> en julio y agosto y menor en mayo; la concentración de NO<sub>3</sub> fue mayor en mayo y menor en julio y agosto, en tanto el contenido de ureasa mostró el mismo comportamiento. En la respiración, la temperatura tiene también un efecto sobre el consumo de oxígeno y la producción del CO<sub>2</sub>. Haimi y Huhta (1990) midieron la producción de CO<sub>2</sub> y estimaron su producción entre 25-50 microgramos de MS/hora en primavera y de 4-8 en invierno.

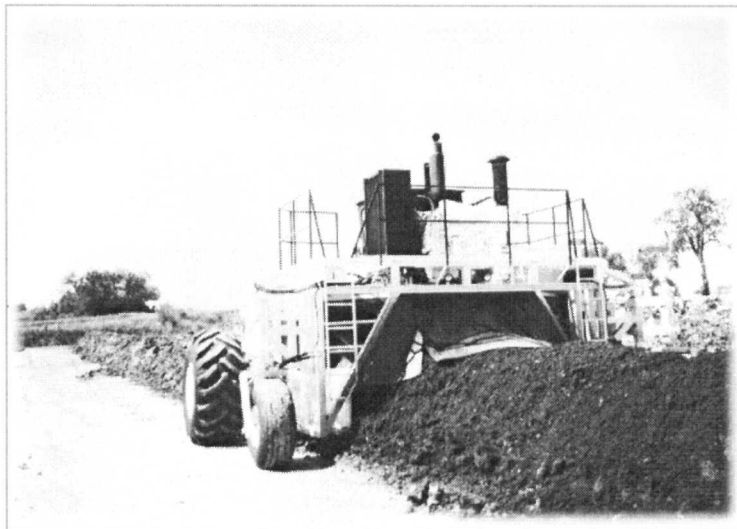
Normalmente al voltear los residuos se desprenden olores desagradables y la fermentación completa dura de tres a cuatro semanas. Después del periodo de volteo, se “cura” la composta dejándola inmóvil durante tres o cuatro semanas más. Durante este tiempo los materiales orgánicos en proceso de descomposición son reducidos aún más por la acción de hongos y actinomicetos (Tchobanoglous, 1994).

En síntesis, el proceso de fermentación que se lleva a cabo en este sistema es del tipo natural, pasando por un proceso de descomposición que atraviesa seis fases bien diferenciadas:

1. Fase latente. Se lleva a cabo la colecta antes de iniciar el composteo.
2. Fase de calentamiento. Los microorganismos se multiplican rápidamente e invaden la materia orgánica más fácilmente asimilable: azúcares, almidones, proteínas y ácidos orgánicos.
3. Fase de temperatura máxima. La temperatura aumenta a más de 60° C, lo que provoca un efecto selectivo importante a favor de los microorganismos termófilos, los cuales impiden el crecimiento de otros microorganismos y reducen el número de patógenos y parásitos.
4. Fase de enfriamiento. La temperatura baja a condiciones mesófilas, aproximadamente a 55° C.
5. Fase de maduración. La actividad de hongos (actinomicetos) aumenta, mientras que la actividad microbiana comienza a disminuir.
6. Fase de estabilización. La descomposición del material orgánico más duro es intensa (celulosa y lignina), debido a la actividad de los hongos (bacidiomicetos) (Sentíes *et al.*, 2000).



**Figura 3. Sistema de volteo mecánico/industrial, método hileras.**



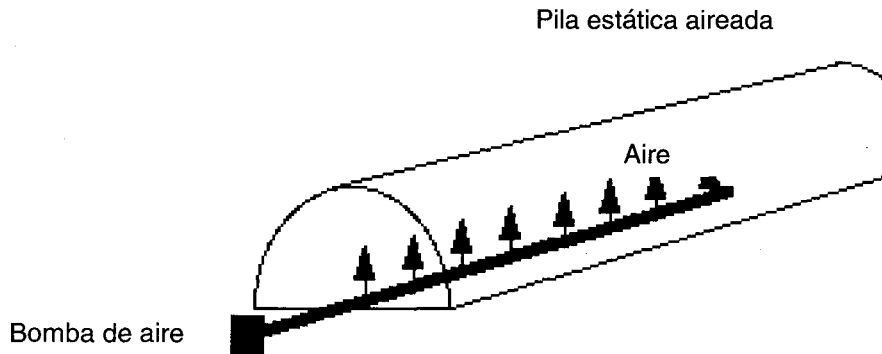
#### **2.4.2 Pila estática aireada.**

El sistema de pila estática aireada fue desarrollado originalmente para el composteo aerobio de fangos de aguas residuales, sin embargo, se puede utilizar para fermentar una amplia variedad de residuos orgánicos, incluyendo residuos de jardín o DSM separados, como es el caso que estamos tratando.

Este sistema consiste en una red de tuberías de escape o aireación sobre la cual se coloca la fracción orgánica procesada de los RSM. Las tuberías pueden ser de PVC y las pilas tener una altura de aproximadamente 2 o 2.5 m. Para que no desprenda malos olores, se coloca encima de la pila una capa de composta cribada. Se coloca en cada pila un inyector de aire individual para un control más eficaz de la aireación. Se inyecta aire para proporcionar el oxígeno necesario para la conversión biológica, así como para controlar la temperatura dentro de la pila. La inyección de aire normalmente está controlada por un cronómetro o, en algunos sistemas, por una computadora que controla el perfil específico de temperatura. El material se fermenta en un periodo de tres a cuatro semanas y se “cura” durante cuatro semanas más. Al final se tritura y se criba la composta para mejorar la calidad del producto final.

Para controlar la elaboración y el olor, el sistema se cubre con plásticos o algún material similar, sobre todo en las porciones más importantes.

**Fig. 4. Diagrama del sistema de pila estática. (Richard, 2000).**



### **2.4.3 Biorreactor.**

El composteo en reactor se lleva a cabo dentro de un contenedor o recipiente cerrado. Se pueden utilizar torres verticales, depósitos horizontales, rectangulares y circulares. Se dividen estos sistemas en dos categorías: los de flujo-pistón y los de lecho dinámico.

En un sistema tipo flujo-pistón, la relación entre las partículas de la masa fermentándose permanece igual durante todo el proceso. El sistema funciona bajo el principio "lo primero que entra es lo primero que sale".

En un sistema tipo lecho dinámico, el material fermentado es mezclado mecánicamente. Se diseñan técnicas mecanizadas para minimizar los olores y determinar el tiempo de elaboración, mediante el control de condiciones ambientales como flujo de aire, temperatura y concentración de oxígeno. Esto ha incrementado la popularidad del sistema tipo lecho dinámico, ya que el espacio requerido es menor, el control del olor es mejor y su alto rendimiento permite obtener menores costos. El tiempo de retención para los sistemas en reactor varía de una a dos semanas, pero virtualmente todos los sistemas emplean un período de curado de cuatro a doce semanas después del periodo de fermentación activa.

Algunos ejemplos de tipos de reactores (Richard, 2000):

Fig. 5. Reactor con mezcla dinámico horizontal.

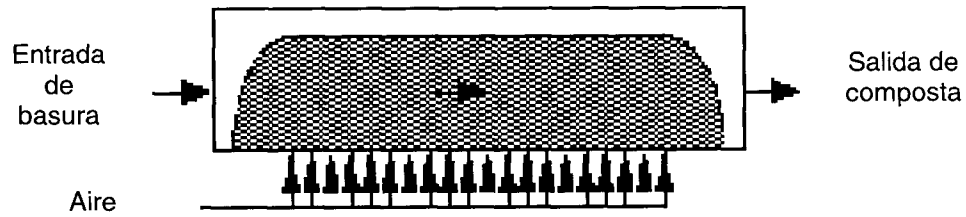


Fig. 6. Reactor cilíndrico rotativo.

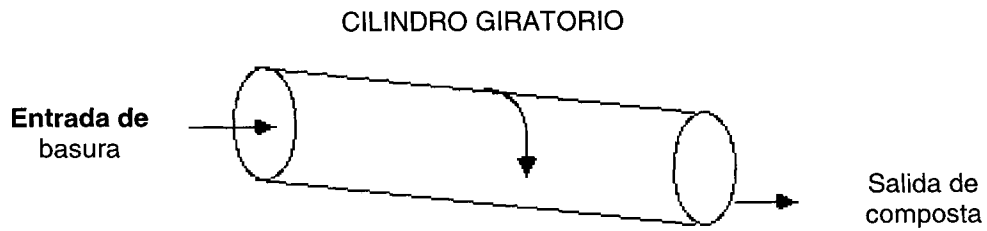
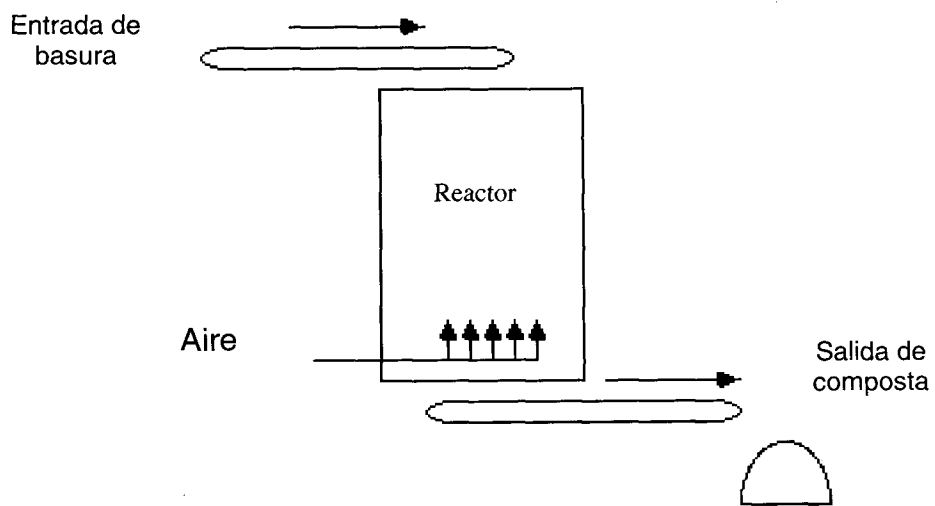


Fig. 7. Reactor flujo-pistón sin mezcla, vertical.



Cuando son correctamente operados, el rendimiento de cualquiera de estos tres procesos es esencialmente el mismo, por lo que la selección de uno u otro depende de la cantidad de dinero que se quiera invertir, las dimensiones del terreno y la mano de obra capacitada con que se cuente (Tchobanoglous, 1994).

#### **2.4.4 Lombricomposta.**

El cuarto método no es un método directo de composteo y todavía no existe una legislación para dicho sistema.

La lombricomposta o vermicomposta puede ser definida como una tecnología sistematizada de bajo costo para procesar o tratar desperdicios orgánicos (Hand *et al.*, 1988). Se produce por medio de lombrices, por eso en algunos casos se le llama lombricultura. Sin embargo, debemos diferenciar ambos términos, ya que la lombricultura se refiere más bien a la crianza de lombrices en gran escala y a la producción de humus, mientras la vermicomposta o lombricomposta se refiere al procesamiento de desechos sólidos orgánicos por medio de lombrices (Riggle, 1996).

Se trata de una biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombriz como herramienta de trabajo. Gracias a esta técnica se recicla todo tipo de materia orgánica y se obtienen dos productos:

- Humus, un fertilizante de primer orden que es la feca de la lombriz.
- Carne de lombriz, una fuente de proteína a bajo costo. Esta es roja como la carne de vacuno y si se maneja con la tecnología adecuada, nos permite obtener una harina con un nivel promedio de hasta 70% de proteína (Sabine, 1983; Hartenstein, 1981; Edwards y Neuhauser, 1988; Irissón, 1995; Reinecke, 1991).

La acción de las lombrices sobre los desechos en este proceso es físico-mecánica y bioquímica. La acción físico-mecánica incluye aireación, mezcla y molido del sustrato. La acción bioquímica se lleva a cabo por descomposición microbiana del sustrato en el intestino de la lombriz (Pius M. Ndegwa, S. A. Thompson, 1999).

Edwards (1997) concluyó que los grupos microbianos con valor nutritivo para las lombrices son, en orden decreciente de importancia, hongos, protozoarios, algas, bacterias y actinomicetos. Durante este proceso, se hacen accesibles los nutrientes necesarios para las plantas, particularmente nitrógeno, potasio, fósforo y calcio (Pius M. Ndegwa, S. A. Thompson, 2000).

Es necesario mantener una relación de C:N determinada para que las lombrices lleven a cabo su digestión adecuadamente. Esta relación debe ser aproximadamente de 25 a 1. (Pius M. Ndegwa, S. A. Thompson, 1999).

En la actualidad se conocen unas nueve mil especies diferentes de lombrices, sin embargo, las dos utilizadas más comúnmente son dos especies epigeas, la *Eisenia fetida* y la *Eisenia andrei* (Slejska, 1999). La diferencia entre una y otra es muy pequeña, por lo que se ha prestado a confusiones; dicha diferencia radica en que la *E. andrei* está pigmentada uniformemente, mientras que la *E. fetida* es bandeada (Sims, 1983; Avel, 1937; Jaenike, 1982; André, 1963; Bouché, 1972). Hasta 1982, la *Eisenia andrei* y la *Eisenia fetida* fueron consideradas y confundidas como *Eisenia fetida*. Antes de esa fecha, tal especie era llamada de distintas maneras, como *Eisenia foetida* y *Helodrilus foetidus* (Edwards y Bholen, 1996; Capistrán *et al.*, 1999; Bansal, *et al.* 2000)

Existen otras especies que también se adaptan para la lombricomposta y que incluyen a *Lumbricus rubellus*, *Eudrilus eugenie* y *Perionys excavatus*. Las últimas dos especies tienen su origen en Asia y África, por lo que no soportan temperaturas bajas (Edwards, 1997).

Las lombrices son animales invertebrados del filum anélidos, o sea, gusanos segmentados. Son hermafroditas y depositan sus huevos protegidos en una cápsula llamada cocón.

Las lombrices composteadoras son esencialmente comedoras de desperdicios orgánicos. Se distinguen por vivir y desarrollarse en sitios de alta concentración de materia orgánica, como pueden ser excretas de animales, cavidades naturales y suelos con gruesas cubiertas de restos vegetales. Tienen una coloración más oscura y pigmentada que las endógenas, crecen y se reproducen más rápidamente, pueden alimentarse de materia orgánica sin presencia de suelo, alcanzar más altas densidades de población y ser cultivadas en condiciones artificiales (Capistrán *et al.*, 1999).

Como se mencionó anteriormente, la especie llamada *Eisenia foetida*, perteneciente a las especies coprofágicas (M. G. Paoletti, 1999), es la que mejor se adapta al cautiverio, ya que se mantiene siempre cerca de la superficie, entre los 2 y los 20 cm de profundidad del nivel de la materia orgánica (Capistrán *et al.*, 1999). Esto la convierte en una de las especies más apreciadas para dicho proceso, al igual que la *Eisenia andrei*.

En estado adulto la lombriz de composta mide entre 3.5 y 8.5 cm de largo, y en raros casos llega hasta 13 cm. Su peso oscila entre 0.4 y 0.6 gramos, si bien en condiciones apropiadas de cría se logran ejemplares que pueden alcanzar hasta un gramo de peso. Capistrán *et al.* 1999 han confirmado que en un periodo de 3 a 4 meses, en condiciones favorables, se pueden alcanzar reproducciones de hasta 8 veces el valor de la cantidad inicial de lombrices.

**Fig. 8. Ejemplo de lombriz.**

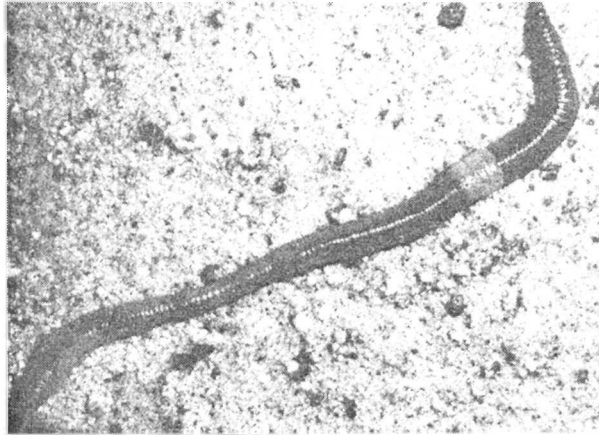


Foto extraída del libro Biología, Autor Kimball John W.

Por su naturaleza estiércolera, es capaz de ingerir grandes cantidades de materia celulósica, como rastrojos, aserrines, pulpas de celulosa y en general cualquier desecho orgánico en descomposición. Es muy voraz, llegando a comer hasta el 90% de su propio peso por día. De esta ingesta, excreta entre el 50% y 60% convertido en un nutriente natural de altísima calidad, conocido como lombricomposta o humus de lombriz.

#### **2.4.4.1 Desarrollo y reproducción**

Estas lombrices son muy prolíficas, ya que son hermafroditas, sin embargo, requieren de la participación de dos individuos para realizar la copulación. Dando como resultado que ambos ejemplares generen progenie, por medio de la formación de capullos o cocoones. Los capullos se forman exteriormente a partir de una mucosidad en el clitelo, (Capistran, et al, 1999), que al avanzar hacia el extremo anterior arrastra varios óvulos y espermatozoides. El capullo es expelido al exterior. Al cabo de una o dos semanas de ser depositado, las lombrices salen por los extremos de este, en aproximadamente 30-45 días alcanzan la madurez sexual luego de seis a diez semanas y pesan entre 2-3 gr. Son inmunes a las enfermedades y tienen una increíble capacidad de regeneración. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 2-3 años en promedio (Edwards y Bohlen,1996). Cuando la cría se realiza con todos los cuidados, se obtienen los mejores resultados.

En un buen cultivo de lombricomposteo, son comunes densidades de población entre 20,000 y 40,000 lombrices/m<sup>2</sup>; los valores más comunes oscilan entre 15,000 y 25,000 lombrices/m<sup>2</sup>. La biomasa o suma del peso corporal de las lombrices puede alcanzar valores de 3,000 a 4,000 gramos, es decir, de 3 a 4 kg de biomasa de lombrices/m<sup>2</sup> (Barois y Aranda, 1995).

Mientras más baja es su densidad poblacional, las lombrices crecen más grandes y se reproducen en mayor grado; por el contrario, cuando la población se encuentra más densamente concentrada, su crecimiento es menor y su reproducción se reduce (Capistrán *et al.*, 1999). Lo que nos indica que debemos de mantener nuestra población baja si queremos que se reproduzcan rápidamente, ya sea extendiendo el área o sacando lombrices y poniéndolas en otro lugar. A continuación tenemos una tabla comparativa entre varias especies lombricomposteadoras:

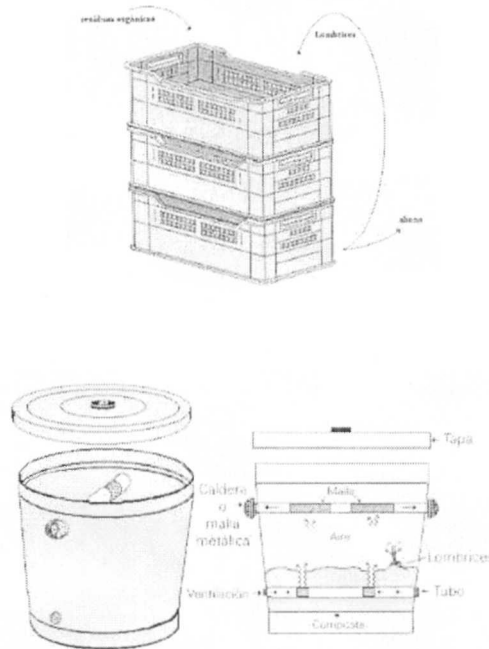
**Tabla 2. Comparación de varios aspectos biológicos de las especies vermicomposteadoras: *Eisenia fetida*, *Eudrillus eugenie*, *Perionyx excavatus* (Reinecke, 1992) y *Eisenia andrei*, (Reinecke, 1991; Slejska, 1999).**

	<i>E. fetida</i>	<i>E. eugenie</i>	<i>P. excavatus</i>	<i>E. andrei</i>
Duración del ciclo de vida (días)	±70	±60	±46	
Taza de crecimiento (mg/lombriz día)	7	12	3.5	
Máxima masa corporal (lombriz individual) (mg)	1,500	4,294	600	
Maduración a la edad (días)	±50	±40	±21	35
Empieza la formación de cocones (días)	±55	±46	±24	
Producción de cocón (una lombriz x día)	0.35	1.3	1.1	Comparable con <i>E. fetida</i>
Periodo de incubación	±23	±16.6	18.7	
Éxito de criadero en el agua (%)	73	50	63.4	90.5
Número promedio de nacimientos (cocón-1)	2.7	2.7	1.1	3.3
Número de nacidos por cocón	1-9	1-5	1-3	1-12

La *Eisenia foetida* puede criarse en cualquier lugar. Todo depende del tipo de proyecto que se esté llevando a cabo, ya sea casero o a mediana o gran escala, así como de la inversión que se quiera hacer.

En el caso que sea lombricomposteo casero, existe una gama muy extensa de diseños que han sido creados, aunque las lombrices parecen preferir materiales como la madera el ladrillo y la piedra, es común utilizar cubetas o taras plásticas, como las que se muestran en la fig.9.

**Fig. 9. Lombricomposteadores caseros.**



Cuando el proyecto es a mediana o gran escala, lo más común es el criadero al aire libre, haciendo cunas o hileras de 50 cm de profundidad por el ancho y largo que se desee. Para este método se requieren grandes espacios de tierra, mano de obra y máquinas para añadir la materia prima a las hileras.

Una cuna es un espacio rectangular delimitado por maderas, ladrillos, bloques de cemento o cualquier elemento que sirva de contención. Si se hace de ladrillo o cemento, aunque la inversión es mayor, se pueden obtener mayores beneficios ya que se tiran las cunas con una ligera pendiente por donde se recuperaran los lixiviados, los cuales pueden ser comercializados como abono liquido y tiene muy buena aceptación en el mercado.

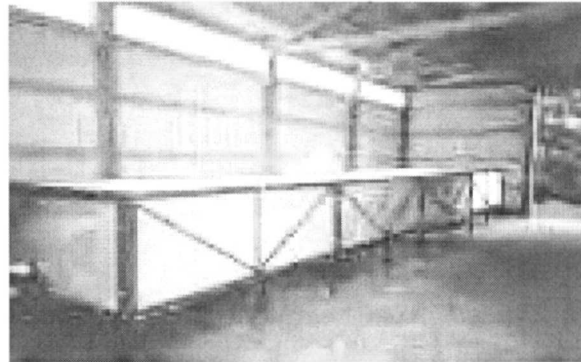
No es imprescindible la formación de cunas, puesto que se puede simplemente apilar el alimento sobre el suelo e introducir en él las lombrices. Sin embargo, este último procedimiento tiene que estar muy bien monitoreado, ya que si no se les abastece de comida continuamente, migran a otro sustrato.

Otros sistemas utilizan tanques o grandes contenedores despegados del piso, lo cual facilita el manejo de las lombrices, permite captar el lixiviado y facilita el

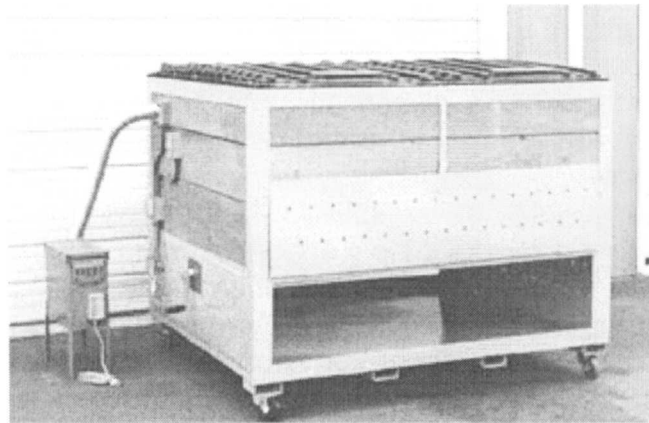


manejo en general del proceso. Este puede ser totalmente manual o automatizado, (Slejska, 1999).

**Fig. 10. Sistema de lombricomposteo.**



**Fig. 11. Unidad de lombricomposteo.**



Aunque las bases son las mismas, el éxito del proyecto a gran escala depende de la posibilidad de adecuarse a las condiciones específicas de cada caso en particular (Sherman, et.al,2000).

La comida que se les da debe ser materia orgánica parcial o totalmente descompuesta. De no ser así, las altas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75° C), matarán a las lombrices. Ya que las lombrices tienen una tolerancia determinada al calor, los investigadores han reportado que las temperaturas entre los 30° y 35° C matan a las lombrices (Riggle, 1996; Slejska, 1999). La temperatura adecuada depende de la especie y de la adaptación individual de la lombriz, pero en general la lombriz sobrevive en un rango de 0–35° siendo su rango óptimo de 20-28° C. Las altas temperaturas se asocian con pérdida de humedad y con incapacidad de la lombriz para consumir alimento; las bajas temperaturas se asocian con una disminución de la actividad

enzimática y microbiana, por lo tanto, con la capacidad de consumo de la lombriz, (Senties *et al.*, 2000).

El proceso de fermentación, llamado también precompostización, se realiza de diversas maneras y según la materia utilizada. El método más común es el de hilera o windrow por su bajo costo de inversión. Los materiales a utilizar varían de acuerdo con la zona o la empresa que lo lleva a cabo. Se pueden emplear diferentes mezclas, la composición físico-química de la composta varía de acuerdo a ello (ver Tabla 3).

En el caso de que no se desee pasar por el proceso de precompostización, se recomienda añadir diariamente (o al menos cada tercer día), una capa de dos a tres centímetros de material en la superficie de las cunas o hileras, para que la temperatura no suba demasiado (Edwards, 1997).

Se recomienda la precompostización para obtener una composta de alta calidad según el US-EPA 40 CFR parte 503 (P. M. Nedegwa *et al.*, 2001). Estas guías recomiendan que durante la precompostización el material alcance temperaturas de 40° C durante cinco días consecutivos y 55° C por tres días más, o al menos que la temperatura llegue a 55° C durante tres días consecutivos en la parte más fría de la composta aireada. Cuando la mezcla alcanza tales temperaturas, los gérmenes patógenos mueren. Sin embargo, el sistema puede llevarse a cabo de dos formas, precompostado y vermicompostado o viceversa. Según el estudio realizado por P. M. Nedegwa, 2000, el sistema de vermicompostado es mucho mejor ya que es más estable el nitrógeno y el fósforo es menos soluble, por lo que cumple con el criterio de EPA mencionado anteriormente y su resultado final es más homogéneo (P. M. Nedegwa *et al.*, 2001). Sin embargo, existe evidencia científica considerable de que los gérmenes patógenos no sobreviven al vermicomposteo por sí mismo (Edwards y Bholen, 1996).

Una vez establecido el lugar para la cría y luego de haber armado la cuna, se cubre con una capa de paja o pasto seco. Posteriormente se le agrega el compuesto orgánico debidamente humedecido y finalmente se agregan las lombrices, aproximadamente 1.6 kg de lombriz/m<sup>2</sup>, con una relación de comida de 0.75 kg comida por kg de lombriz/día (P. M. Nedegwa *et al.*, 2000).

Antes de introducir las lombrices, es recomendable hacer una sencilla prueba con cinco o seis de ellas. Se colocan en la superficie y si se entierran por sí solas, no hay problema. La prueba es necesaria, especialmente cuando se desconoce si la comida está contaminada con fungicidas, pesticidas, plaguicidas o metales pesados, particularmente cobre y zinc, todo lo cual es altamente tóxico para las lombrices y les provocará la muerte (M. G. Paoletti, 1999).

Son tres los parámetros fundamentales que se deben controlar:

- Temperatura entre 18° y 25° C.
- Humedad entre 70 y 80%.
- PH entre 5 a 8.

(Capistrán *et al.*, 1999).

Las áreas y etapas principales en el procesamiento son las siguientes:

Distribución de áreas	Proceso
Oficinas de control y administración	Transporte y adecuación de sustratos
Acceso y maniobras	Pasteurización
Apilamiento del sustrato	Lombricompostaje
Lombricompostaje	Cosecha y maduración
Secado y procesamiento del abono	Almacenamiento
Bodega de equipo y materiales	Control de calidad
Laboratorio y crianza experimental	

El siguiente es el equipo requerido para el lombricomposteo a gran escala. Es importante hacer notar que los requerimientos varían con las necesidades de cada proyecto:

- Pala mecánica
- Mezcladora
- Molino
- Cortador de papel
- Sistema de irrigación
- Aireación
- Sistema de monitoreo de temperatura y pH
- Cosechadora
- Agua
- Cernidor manual o mecánico
- Camas o tanques
- Terreno
- Palas, rastrillos, guantes,
- Zona de almacenamiento
- Zona de empaque y distribución
- Mano de obra

#### 2.4.4.2 La composición del humus producido por las lombrices.

La producción de lombricomposta está directamente ligada a la cantidad y al cuidado de las lombrices. Por ejemplo, si se comienza con un núcleo de diez mil lombrices, se podría obtener unos 50 kg mensuales durante los primeros meses. Pero tomando en cuenta el aumento en la población, al cabo de un año la producción ascendería a una cantidad entre 1.5 y 2.5 toneladas mensuales (Mitchell, 1997).

El humus de lombriz es inodoro, no se pudre ni fermenta y su apariencia general es similar a la borra del café. Tiene una excelente estructura, porosidad aireación, drenado y una gran capacidad de retener humedad (Haimi, 1990)

Algunas de las bondades del humus de lombriz frente al producido por medio de composteo termofílico son: cuenta con partículas más pequeñas, menos olor y más actividad microbiana, además contiene generalmente huevos de lombriz que servirán en el futuro como fuerza de trabajo (Riggle y Holmes, 1994).

En los análisis químicos realizados al humus de lombriz, la composición química varía de acuerdo con las concentraciones y el tipo de materia prima utilizada para la composta, como podemos observar en la tabla a continuación:

**Tabla 3.**  
**Principales nutrientes en lombricompostas de diferentes sustratos, (base seca). (Capistrán et al., 1999).**

Sustrato	N	P	K	Ca	Mg	Autor(es)
<b>Origen animal</b>						
Estiércol vacuno (EE.UU.)	2.98	0.32	0.40	1.20	0.36	Fosgate y Babb, 1972
Estiércol vacuno (Inglaterra)	2.20	0.40	0.90	1.20	0.25	Edwards y Burrows, 1988
Estiércol vacuno (Cuba)	1.70	0.62	1.22	10.0	1.53	Ramón y Romero, 1993
Estiércol vacuno (Perú)	1.20	0.95	0.47	-	-	Ríos y Calle, 1994
Estiércol vacuno (Brasil)	0.60	0.34	0.13	0.40	0.20	Martínez, 1995
Estiércol vacuno (México)	1.50	0.67	1.23	1.00	1.00	Lombrimex, 1996
Estiércol vacuno (México)	2.00	0.72	1.22	3.80	1.70	Santamaría, 1996
Estiércol vacuno/ paja (Inglaterra)	2.50	0.50	2.50	1.55	0.30	Edwards y Burrows, 1988

Sustrato	N	P	K	Ca	Mg	Autor(es)
<b>Origen animal</b>						
` orrego ` l vacuno/ desperdicio ` orrego (México)	1.71	0.64	1.16	3.50	1.50	Santamaría, 1996
Estiércol de cerdo (Inglaterra)	2.60	1.70	1.40	3.40	0.55	Edwards y Burrows, 1988
Estiércol de cerdo (Hong Kong)	1.10	3.20	1.20	-	-	Wong y Griffiths, 1991
Estiércol de cerdo (Cuba)	1.89	0.50	0.34	10.8	1.46	Ramón y Romero, 1993
Estiércol de cerdo/ paja (Inglaterra)	3.00	1.60	2.40	4.00	0.60	Edwards y Burrows, 1988
Estiércol de ` orrego (España)	1.76	4.37	1.02	-	-	Albanell <i>et al.</i> , 1988
Estiércol de ` orrego (Cuba)	1.51	0.64	0.78	4.40	1.37	Ramón y Romero, 1993
Estiércol ` orrego/ algodón (España)	1.71	4.31	0.96	-	-	Albanell <i>et al.</i> , 1988
Estiércol de ` orrego/ orujo (Perú)	2.60	0.13	.001	0.24	0.24	Quevedo, 1994
Estiércol de conejo (Cuba)	1.23	0.28	0.67	-	-	Ramón y Romero, 1993
Estiércol de pato/ paja (Inglaterra)	2.60	2.90	1.70	9.50	1.00	Edwards y Burrows, 1988
Gallinaza/ viruta (Inglaterra)	1.80	2.70	2.10	4.80	0.70	Edwards y Burrows, 1988
Contenido ruminal (Cuba)	1.68	0.62	1.21	9.80	1.58	Ramón y Romero, 1993
<b>Origen vegetal</b>						
Pulpa de café (México)	2.86	0.14	0.76	1.62	0.28	Aranda, 1987
Pulpa de café (Colombia)	2.01	0.27	2.14	0.96	0.37	Arango y Dávila, 1991
Pulpa de café (Colombia)	3.80	0.25	0.17	0.70	0.20	Rodríguez <i>et al.</i> , 1992
Pulpa de café (Cuba)	2.01	0.27	2.14	1.96	0.37	Ramón y Romero, 1993
Pulpa de café (México)	4.00	0.25	0.73	1.72	0.80	Irisson, 1995
Pulpa de café (México)	3.50	0.13	1.39	1.70	0.60	Uncader, 1996
Pulpa de café (México)	2.29	0.54	0.13	3.72	4.54	Ramos, 1996
Pulpa/ estiércol vacuno/ hojas/ tierra <sup>1</sup> (México)	1.69	0.54	0.23	2.80	4.42	Ramos, 1996
Lodos celulósicos (Italia)	1.10	0.57	0.29	8.02	0.53	Piccone <i>et al.</i> , 1987
Cachaza de caña (Cuba)	2.67	2.11	0.40	4.08	1.89	Ramón y Romero, 1993
Paja del cultivo de hongos (México)	1.69	0.23	0.73	2.20	0.80	Santamaría, 1996
Residuos domésticos (Italia)	1.21	0.98	0.26	12.2	0.60	Piccone <i>et al.</i> , 1987

Sustrato	N	P	K	Ca	Mg	Autor(es)
<b>Origen vegetal</b>						
Residuos domésticos (Cuba)	0.90	0.44	3.60	3.60	3.10	Ramón y Romero, 1993
Desperdicio de mercado (México)	1.87	0.55	1.20	2.50	1.30	Santamaría, 1996
Desperdicio de mercado/ paja del cultivo de hongos (México)	2.10	0.50	1.22	2.20	1.20	Santamaría, 1996
Desperdicio de mercado/ paja del cultivo de hongos/ estiércol vacuno <sup>2</sup> (México)	1.83	0.60	1.24	3.30	1.40	Santamaría, 1996
Mezcla "biodinámica" <sup>3</sup> (México)	1.46	0.56	0.22	33.3	29.4	Ramos, 1996
Tallos de plátano (Cuba)	2.50	0.56	3.74	2.36	1.50	Ramón y Romero, 1993
Hojarasca (Suiza)	0.80	0.34	0.82	1.96	0.53	Lofs-Holmin, 1985
Pastos, corteza y estiércol (Finlandia)	1.40	0.03	0.04	0.20	0.03	Haimi y Huhta, 1987
Cáscara de maífa (Nigeria)	1.98	0.14	1.80	0.40	0.14	Mba, 1983
Residuos farmacéuticos (Italia)	3.10	0.82	0.26	8.80	0.54	Piccone <i>et al.</i> , 1987
Peatmoss comercial (Inglaterra)	1.80	0.21	0.48	0.94	2.20	Edwards y Burrows, 1988

1 Pulpa de café: 42%, estiércol vacuno: 42%, hojarasca: 7%, tierra 9%.

2 Desperdicios de mercado: 30%, paja del cultivo de hongos: 40%, estiércol vacuno: 30%.

3 Pulpa de café: 21%, estiércol vacuno: 21%, cachaza: 21%, hojarasca y pastos: 21%, tierra: 16%.

En la tabla 4 podemos observar las diferencias entre la lombricomposta y la composta, por lo general los parámetros iniciales varían de acuerdo al sistema utilizado, por ejemplo en el caso de la relación C/N requerida para la composta es sustancialmente diferente a la requerida para la lombricomposta, así como la humedad, temperatura, la demanda de oxígeno, altura de la hilera etc, sin embargo, como podemos observar en los resultados obtenidos después del proceso no existen diferencias en dichos parámetros.

Lo cual nos lleva a concluir que el método a escoger dependerá de factores como: tipo de sustrato, cantidad de materia prima para compostear, terreno disponible, y un estudio costo-beneficio para determinar cual de los dos métodos sería más rentable.

**Tabla 4. Comparación de los métodos de composteo. (Slejska,1999).**

<b>Antes del proceso</b>	<b>Composta</b>	<b>Lombricomposta</b>
C/N óptimo	30-35-1/1 <sup>1</sup>	20/1 <sup>1</sup>
pH	6-8 <sup>1</sup>	Mínimo 5 Óptimo 6.5 Máximo 9 <sup>2</sup>
Conc. Min. de P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.2 <sup>1</sup>	
Conductividad electrolítica (mS/cm)		Máximo 3 <sup>4</sup>
<b>Durante el proceso</b>		
Tiempo de composteo (meses)	Mínimo 2-3 <sup>1</sup>	Verano:2-3 Invierno: 3-5 <sup>3</sup>
Humedad óptima (%)	Cuando el 70% de la porosidad está humedecida <sup>1</sup>	Mínimo 60% Óptimo 70-80% Máximo 90% <sup>2</sup>
Temperatura optima (° C)	Óptima 50-60 Máxima 68 <sup>1</sup>	Mínima 5 Óptima 18-25 Máxima 35 <sup>2</sup>
Demanda de oxígeno (% de O <sub>2</sub> en el ambiente)		15 <sup>2</sup>
Máxima concentración de CO <sub>2</sub>		6 <sup>2</sup>
Máxima altura de la hilera de composta	4 <sup>1</sup>	0.6(0.8) <sup>2</sup>
Máximo contenido de amonio		0.1 <sup>2</sup>
<b>Después del proceso</b>		
Máximo C:N	30/1 <sup>5</sup>	30/1 <sup>5</sup>
pH	6.0-8.5 <sup>5</sup>	6.0-8.5 <sup>5</sup>
Humedad %	Mínima 40 Máxima 65 <sup>5</sup>	Mínima 40 Máxima 65 <sup>5</sup>

## CAPITULO 3

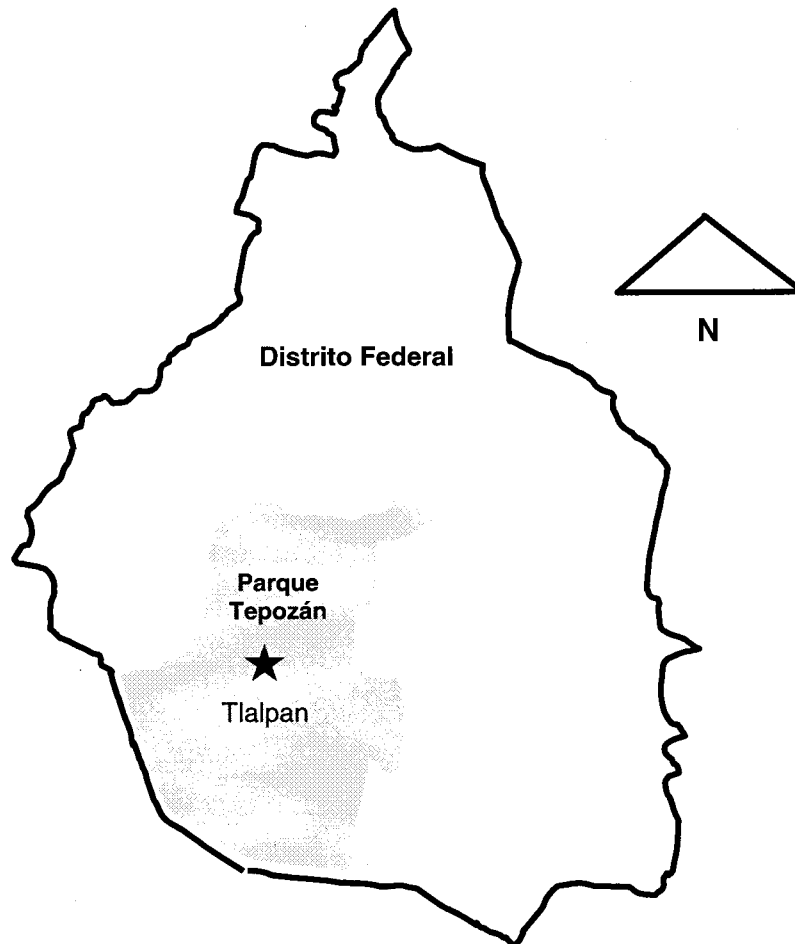
### PARTE EXPERIMENTAL.

#### 3. 1 Descripción de la zona de estudio: Parque Ecológico Tepozán.

##### 3. 1. 1 Ubicación.

El Parque Ecológico Tepozán, se encuentra ubicado en el Km 11 de la carretera Picacho-Ajusco, en la delegación Tlalpan del Distrito Federal. El parque colinda al norte con un bosque de propiedad privada, al sur se encuentra el pueblo de San Andrés Totoltepec, al oeste con otro bosque de propiedad privada y al este con la colonia San Nicolás II.

**Figura 1. Mapa ubicación de la zona de estudio Parque Ecológico Tepozán.**





### 3. 1. 2 Aspectos geográficos.

El tipo de suelo proviene de la era Cenozoica, periodo Cuaternario, con roca ígnea extrusiva (INEGI, 1999), por lo cual la zona no es adecuada para la agricultura.

### 3. 1. 3 Clima.

El clima es semifrío y subhúmedo con lluvias en verano. La configuración geográfica de la delegación Tlalpan es una franja orientada hacia el noroeste-sureste, cuyos terrenos de mayor altitud (de 2, 900 m hacia arriba) se encuentran en las sierras De las Cruces y Ajusco-Chichinautzin. Su temperatura media anual llega a 12° C en las partes más bajas de la zona y a 5° C en las cimas de las sierras; la precipitación pluvial total anual va de 1, 000 a 1, 500 mm (INEGI, 1999).

### 3. 1. 4 Flora y fauna.

La flora consiste en bosques de coníferas y encinos que son los tipos de vegetación que comúnmente cubren las sierras volcánicas que flanquean desde el oeste y hasta el sur del valle de México. Algunas especies frecuentes en estos lugares son: *Pinus oocarpa*, *P. michoacana*, *P. leiophylla*, *Quercus magnolifolia* y *Q. laurina*, zacate cambray, zacallimanqui y palmilla (INEGI, 1999).

La fauna de la zona consiste en una extensa variedad de insectos, algunos reptiles como lagartijas y víboras, aves comunes como el llanero, el azulejo copetón y gorriones, y mamíferos como conejos y tlacuaches, entre otros<sup>1</sup>.

### 3. 1. 5 Uso de suelo.

El parque pertenece a la cooperativa Huehuecalli, formada por 63 ejidatarios de San Andrés Totoltepec. Tiene una extensión de 137 hectáreas, de las cuales 42 pertenecen a los ejidatarios y 87 al gobierno del Estado. El objetivo de la cooperativa es desarrollar proyectos para un uso sustentable del bosque que les permita obtener ingresos. Por esa razón, tratan de conservar y restaurar el bosque, ya que al capturar carbono se contribuye a disminuir la cantidad de este gas mediante el efecto invernadero. Actualmente están en desarrollo tres viveros, un venadario y un cultivo de setas, además se planean visitas guiadas para escuelas públicas y privadas. La zona del manejo de residuos sólidos biodegradables ocupa 800 m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Comunicación personal de don Leo.

---

### **3. 2 Experimento de campo.**

#### **3. 2. 1 Métodos de composteo seleccionados.**

Los métodos elegidos, considerando los escasos recursos económicos del parque, el área disponible y las características climáticas, fueron: a) Hileras o *windrow* y b) Lombricomposta por medio de cunas, ya que el parque contaba de antemano con la infraestructura necesaria para llevar a cabo este proceso. En el caso específico de la lombricomposta se considera que no es recomendable utilizar el método de hileras, ya que las lombrices tienden a migrar cuando no hay suficiente comida en la pila y se corre el riesgo de perder cantidades considerables de la población.

#### **3. 2. 2 Caracterización de los desechos.**

Los desechos utilizados para la elaboración de composta son hojarasca molida del parque, así como desechos de frutas y legumbres recolectados del restaurante del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey campus Ciudad de México (ITESM CCM) y suelo del parque.

Las lombrices fueron donadas por el Proyecto del gobierno del Estado de México y la Agencia de Cooperación Técnica de Alemania (GTZ). Las lombrices se conservaron en un medio compuesto por desechos domiciliarios, al cual se le añadió el material precompostado, preparado en el parque con los desechos antes mencionados.

#### **3. 2. 3 Infraestructura.**

El parque Tepozán cuenta con doce cunas gemelas de 14.1 m. de largo y 1 m de ancho, cuatro de las cuales están en construcción. (Fig.2). Están hechas con cemento y tabique, la distancia entre pilas es de 1.2 mts. Lo que permite el acceso y espacio para la maniobra. Cuentan con una pendiente ligera que permite capturar los lixiviados del proceso. Sin embargo, esto no está en funcionamiento ya que la tubería no está instalada hasta el momento. Cuando se instalen, las cunas quedarán conectadas entre sí, lo que permitiera recolectar los fluidos generados en un depósito por cada dos cunas que almacena 500 l, que permitirá utilizarlos como fertilizantes líquidos.

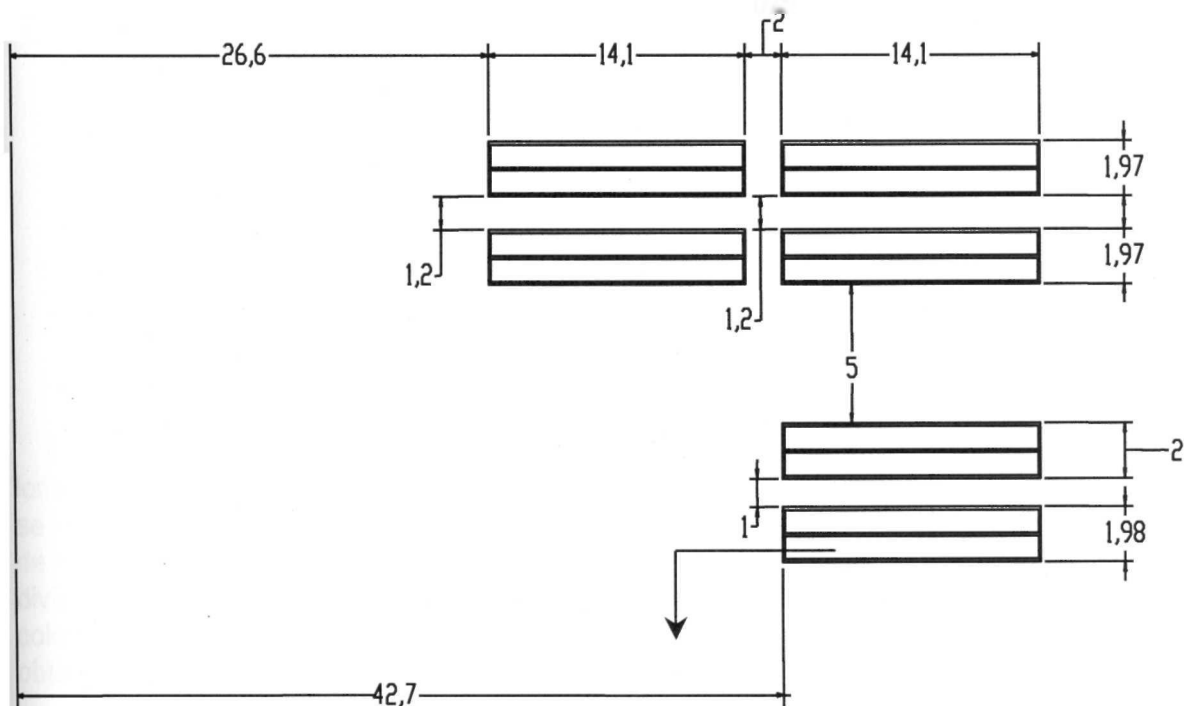
La planta se construyó con la asesoría de la Semarnap. Considerando que el objetivo del parque es la educación ambiental, tiene fines didácticos, y no comerciales, por lo tanto su producción total es de 25 ton. de composta cada tres meses, considerando el funcionamiento de las doce cunas.

**Figura 2. Fotografía del parque.**



Se cuenta además con un área de 100 m<sup>2</sup> destinada para almacenaje al aire libre de la composta, junto con una caseta para guardar materiales y un tanque de 5,000 l para almacenar agua. En la figura 3 se muestran las dimensiones y la ubicación de las cunas.

**Figura 3. Plano de las cunas Parque Tepozán.**



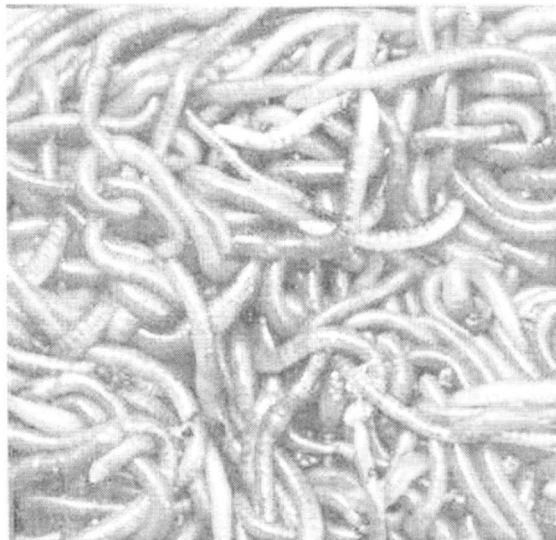
### 3. 2. 4 Desarrollo del proyecto

Para los experimentos se seleccionó una cama que se cubrió con 20 cm de hojarasca, 10 cm. de desechos de frutas y legumbres y 3 cm. de suelo. Esta mezcla permite obtener una humedad del 60% (ver inciso b, punto siguiente). La masa aproximada de esta mezcla fue de 500 kg, la cual ocupó una tercera parte del volumen de la cuna.

El control del proceso de composteo se llevó a cabo midiendo la temperatura diariamente en cuatro puntos distribuidos a lo largo de la cama. Durante un mes se controló la temperatura ambiente.

La mitad del área de la cuna se utilizó para preparar composta por el método de hilera, pues no se obtuvo permiso de utilizar el suelo libre como originalmente se había planeado y el resto se dedicó a la lombricomposta.

**Figura 4. Foto de lombrices.**



Las lombrices utilizadas fueron de la especie *E. Fetida* también conocida como lombriz roja californiana, con peso inicial de aproximadamente 5 kg. Las lombrices se recibieron en dos remesas y fueron trasladadas en cajas de unicel en un medio de desechos domiciliarios. La zona de la cuna dedicada a este experimento se dividió, utilizando tabiques, en áreas de aproximadamente 1 m<sup>2</sup>. Las lombrices se colocaron en medio de cada espacio, rellenando con material precompostado obtenido por el método de las hileras. Para mantener la temperatura baja, se

cubrieron con hojarasca de pino y con tablonces de madera, como se ve en la siguiente figura.

**Figura 5. Foto de cunas tapadas.**



### **3. 2. 5 Análisis de laboratorio.**

#### **a) Análisis de humedad.**

Se determinó la humedad de los desechos del restaurante (frutas y verduras), hojarasca molida y hojarasca sin moler. La determinación se realizó por triplicado en muestras representativas preparadas mediante cuarteo. Se determinó el peso original de cada muestra y se calentaron en un horno a 110° C durante 24 horas. Se conservaron en un desecador, se volvieron a pesar y se midió la pérdida de humedad por diferencia de peso, aplicando la siguiente ecuación:

$$M_n = (W_w - W_d / W_w) \times 100$$

En donde:

$M_n$ = porcentaje de humedad del material

$W_w$ = peso del material húmedo

$W_d$ = peso del material seco

### **b) Cálculos para obtener una mezcla con 60% de humedad.**

Para determinar la cantidad de material que se requiere para obtener una humedad del 60%, la óptima para iniciar el proceso de composteo, se utilizó la siguiente ecuación (Richard, 2000):

$$Q_2 = (Q_1 \times G) - (Q_1 \times M_1) / M_2 - G$$

En donde:

$Q_2$  = peso del material húmedo

$G$  = porcentaje meta de la humedad

$M_n$  = porcentaje de humedad del material

$$Q_2 = (100\text{kg})(60) - (100\text{kg})(85) / (50 - 60) = 250\text{kg hojarasca}$$

De esto se deduce que para lograr una humedad del 60%, es necesario mezclar 250 kg de hojarasca por cada 100 kg de desechos de frutas y verduras.

### **c) Análisis de nutrimentos.**

Se realizaron análisis químicos tanto en la composta como en la lombricomposta de los siguientes elementos: nitrógeno total, fósforo, calcio, magnesio, potasio, materia orgánica. Adicionalmente se cuantificaron los microorganismos mesófilos aerobios. Se utilizaron los métodos señalados en las siguientes normas: NMX-AA-24, NMX-AA-94, NMX-AA51, NOM-092-SSA1 y la NMX-AA-67 (ver apéndice 1).

## **3. 3 Resultados del experimento de composteo.**

### **3. 3. 1 Humedad del sustrato.**

Los resultados del análisis de humedad de los sustratos utilizados para la composta se muestran en la Tabla 1, en donde se observa que el mayor contenido de agua corresponde a los desechos de frutas y verduras y el menor a la hojarasca.

Lo cual era de esperarse, ya que la cantidad de humedad en las frutas y legumbres es mucho mayor. Cabe tomar en consideración que no estamos en época de lluvias en el Distrito Federal, por lo que la humedad detectada en la hojarasca es aceptable.

**Tabla 1. Humedad de los sustratos utilizados para la composta.**

Tipo de material	Humedad (%)			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Desechos de frutas y verduras	84.93	85.28	86.40	85.53
Hojarasca molida	52.00	43.58	46.34	47.30
Hojarasca sin moler	34.24	32.78	34.48	33.83

### 3. 3. 2 Temperatura durante el composteo.

En la Tabla 2 se presentan las temperaturas obtenidas desde el segundo día hasta el día 60 del experimento (2 de marzo al 31 de abril del 2001). Este monitoreo se llevo acabo a las 12:00 a.m.

**Tabla 2. Temperaturas de la composta durante 60 días de experimento medidas en cuatro puntos equidistantes.**

Día	Temperatura ° C			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
2	16	16	15	19
3	20.5	20	20.5	20.5
4	30	30	25	29
5	33	29	33	31
6	23.5	25	30	28
7	35	32	34	35
8	34	33	34	35
9	35	32	38	38
10	33	32	35	34
11	38	38	37	36
12	36	35	35	35
13	42	38	38	38
14	40	39	40	45
15	42	40	43	46
16	45	43	43	46
17	42	40	41	42
18	40	38	40	45
19	40	38	41	44

Día	Temperatura ° C			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
20	41	40	40	42
21	40	40	40	40
22	35	34	35	35
23	38	38	38	39
24	39	38	38	39
25	40	39	39	40
26	38	37	37	38
27	33	34	37	34
28	36	35	35	36
29	37	36	36	36
30	35	37	37	35
31	Nr	Nr	nr	nr
Abril 1	33	34	35	34
2	35	35	35	34
3	35	35	34	35
4	33	33	33	33
5	31	31	30	29
6	32	32	31	30
7	33	33	32	32
8	35	35	35	34
9	35	35	35	35
10	33	33	33	33
11	32	32	32	32
12	33	33	33	33
13	33	33	33	33
14	32	32	32	32
15	32	32	32	32
16	32	32	32	32
17	29	29	31	29
18	30	30	30	30
19	30	30	30	30
20	31	31	31	30
21	30	30	30	30
22	30	30	30	30
23	30	30	30	30
24	25	25	25	24
25	22	22	22	22
26	21	21	21	21

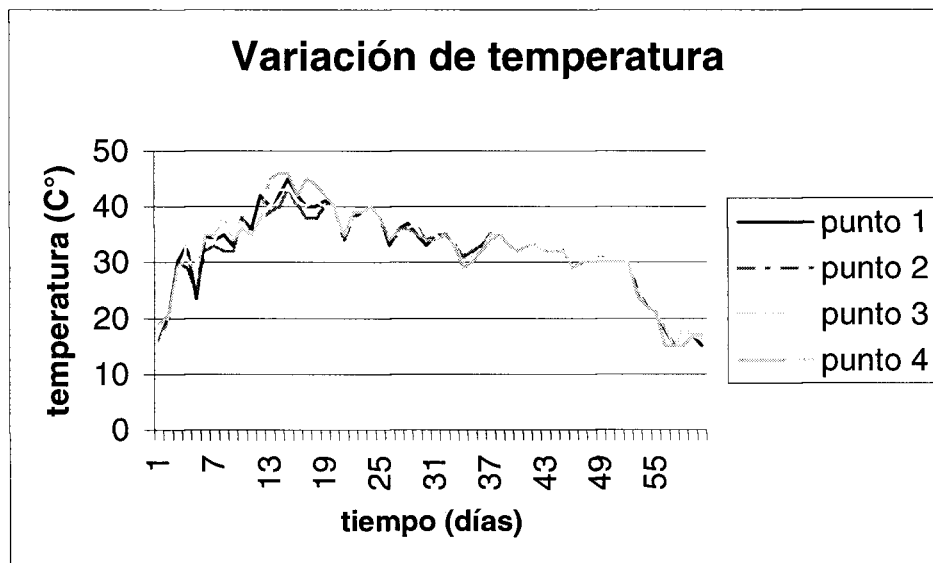


Día	Temperatura ° C			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
27	18	18	18	15
28	15	15	15	15
29	15	18	18	15
30	17	17	17	17
31	15	17	16	17

En la figura 6, se presenta la variación de la temperatura con respecto al tiempo, donde se observa que su comportamiento es similar a los de otros experimentos informados en la bibliografía (Tchoganobolous, 1995 y Careaga, 2000), en los cuales la temperatura aumenta hasta un máximo y empieza a disminuir hasta alcanzar la temperatura ambiente.

La temperatura ambiente promedio a las 7 hrs. fue de 6.85° C, con un valor máximo de 12 ° C y un mínimo de 3° C. A las 12 hrs. el valor promedio fue de 18.41° C con un valor mínimo de 15° C y un máximo de 22 ° C (Figuras 8 y 9).

**Figura 6. Variación de la temperatura con el tiempo de la composta.**



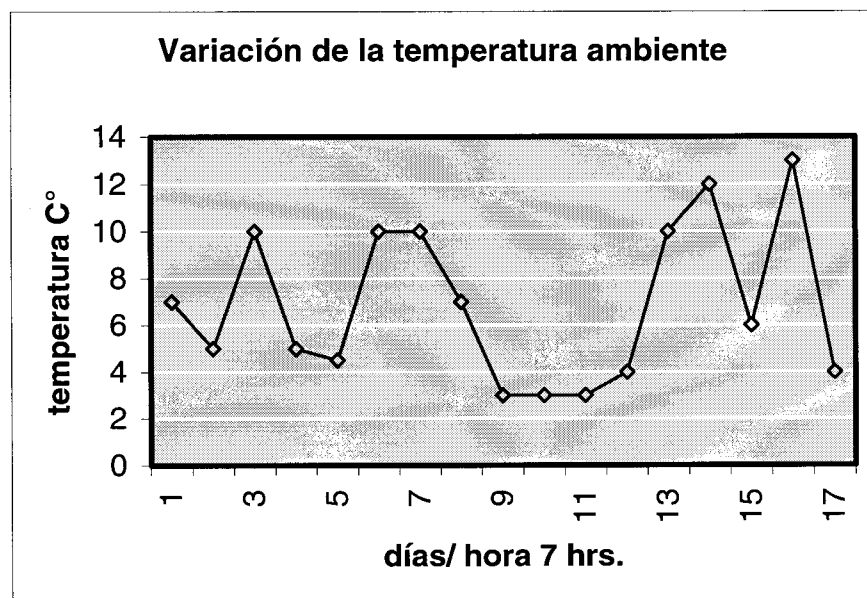
Esta gráfica nos representa la variación de la temperatura en un periodo de dos meses.

Como se puede observar en la figura 6, la temperatura de la composta no alcanzó el intervalo de 50 a 75° C que es el deseable, ya que tiene un efecto selectivo importante a favor de los microorganismos termófilos, los cuales degradan la celulosa y otros materiales químicamente estables, impiden el crecimiento de otros microorganismos y reducen el número de patógenos y parásitos (Senties, 2000).

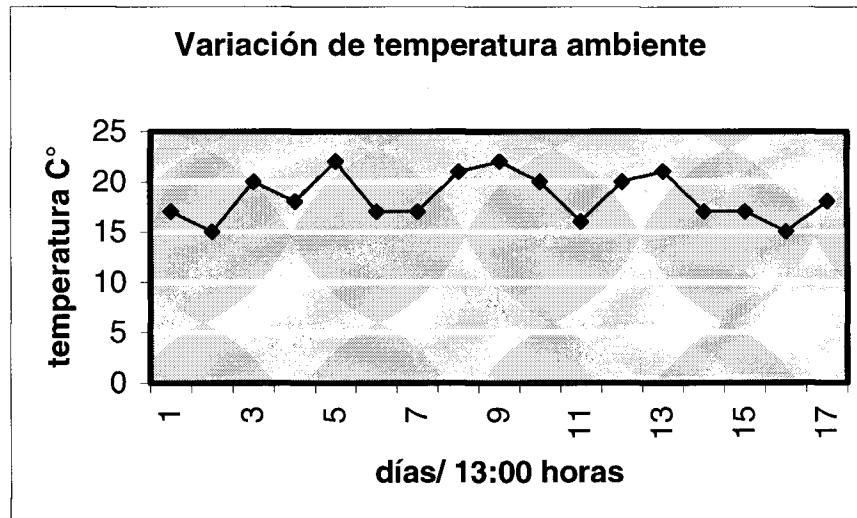
Como se explica posteriormente, el sustrato utilizado fue muy pobre en carbohidratos y otros compuestos de fácil oxidación (primera etapa mesofílica), los cuales promueven el aumento de temperatura necesario (>40° C) y su permanencia por un periodo que permita que se alcance la etapa termofílica.

Bajo estas condiciones, el experimento alcanzó una máxima de 46° C durante un periodo de cinco días y luego la temperatura empezó a disminuir hasta alcanzar la temperatura ambiente (15° C). La composta fue recolonizada por organismos mesófilos, incluyendo ciertos microorganismos benéficos que estimulan el crecimiento de las plantas y son antagónicos a los hongos patógenos.

**Figura 7. Variación de la temperatura ambiente a las 7 a.m. durante 17 días.**



**Figura 8. Variación de la temperatura ambiente a las 13:00 p.m. durante 17 días.**



### 3. 3. 3 Evaluación de la composta.

#### a) Características generales.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los análisis químicos y bacteriológicos obtenidos, como podemos observar los resultados no varían significativamente como era de esperarse según la bibliografía revisada:

**Tabla 3. Resultados de los parámetros químicos y bacteriológicos obtenidos de la composta.**

Parámetro	Lombricomposta (mg/kg)	Composta (mg/kg)
Nitrógeno total	8,720	6,500
Fósforo	810	344
Calcio	3,328.29	3,662.36
Magnesio	1,534.06	1,546.56
Potasio	3,465.38	3,926.92
Mesófilos aerobios (ufc/g)	200'000,000	2,000'000,000
Relación C/N	9.26	11.07

## b) Calidad comparativa de la composta.

En la tabla 4 se muestra la composición "típica" de una composta obtenida a partir de basura municipal y en la Tabla 7 se comparan estos valores con los obtenidos en la zona estudio, donde se utilizaron materiales vegetales, así como los del municipio de Capulhuac, Estado de México, donde se produce composta a partir de desechos sólidos municipales ricos en materia animal. Cabe mencionar que algunos autores como Val del Alfonso (1997), marcan valores límites a los micronutrientes y metales potencialmente tóxicos, lo cual no puede aplicarse en todos los casos, ya que los límites deben establecerse considerando las concentraciones naturales de estos elementos en los suelos de la región, la disponibilidad de los mismos bajo las condiciones de pH y pE y el consumo de estos elementos por la flora y fauna que sustenta el sitio.

En el caso de la lombricomposta, no se han establecido límites o valores típicos, por lo que los resultados se evalúan en función de la información reportada por otros autores.

**Tabla 4. Composición típica de una composta obtenida a partir de basura municipal. (Val del Alfonso, 1997).**

Parámetro	Valores típicos
Humedad	Inferior al 45%
Relación C/N	De 12 a 18
En porcentaje sobre materia seca:	
Materia orgánica	Superior al 30%
Nitrógeno	Superior al 1.0%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Superior al 0.4%
Calcio (Ca O)	4%
Magnesio (Mg O)	0.3%
No podrá contener cantidades superiores a las expresadas sobre los siguientes metales:	Mg/kg (ppm con base en material seca)
Zinc	2,000
Cobre	1,200
Manganeso	400
Plomo	300
Cromo	200
Níquel	100
Cobalto	20
Cadmio	15
Mercurio	8

En la Tabla 5 del Apéndice 1 se presentan los parámetros de la composta obtenida a partir de DSM en varios sitios del Valle de México. Se incluye información sobre las condiciones específicas de cada proceso, ya que éstas tienen una influencia directa en la calidad de la composta obtenida. Con relación a las concentraciones de los elementos, se observan marcadas diferencias que se deben a las variaciones en la calidad de los sustratos y en las condiciones de operación, especialmente a las frecuencias de riego (humedad) y de volteo (aireación).

Para poder comparar los resultados obtenidos en el Parque Tepozán con otros experimentos, es necesario considerar las diferencias en las materias primas y en las condiciones de proceso. A continuación se listan las condiciones de operación de la zona de estudio y del municipio Capulhuac.

### c) Características de los sustratos.

En el caso de Capulhuac, el sustrato utilizado para la elaboración de la composta está conformado por residuos orgánicos procedentes de casas particulares, parques, jardines y rastros, lo que lo convierte en un material rico en nitrógeno, fósforo y en general en todos los nutrimentos.

En el Parque Tepozán se utilizaron residuos orgánicos, principalmente desechos de frutas y legumbres de un restaurante universitario, hojarasca seca y suelo de la zona. Este sustrato es más pobre en macro y micronutrimentos, así como en carbohidratos, debido a la composición vegetal y a que los desechos se entregaron después de un almacenamiento inapropiado de aproximadamente 20 días bajo condiciones anaeróbicas, como ya se comentó, lo que promovió la formación de lixiviados que se perdieron en el drenaje. El lixiviado es un material líquido que contiene altas concentraciones de nutrimentos y metales transicionales, incluyendo aquellos que pueden contaminar los acuíferos, como se ve en la siguiente tabla:

**Tabla 6. Datos típicos sobre la composición de los lixiviados procedentes de vertederos nuevos y maduros, (Tchoganobolous, 1994).**

Constituyente	Valor, mg/l	
	Vertedero nuevo de menos de dos años	
	Rango	Vertedero maduro (mayor de 10 años)
DOB5	2,000-30,000	100-200
COT	1,500-20,000	80-160
DOC	3,000-60,000	100-500
Total de sólidos en suspensión	200-2,000	100-400
Nitrógeno orgánico	10-800	80-120

	Valor, mg/l	
	Vertedero nuevo de menos de dos años	
Nitrógeno amoniacal	10-800	20-40
Nitrato	5-40	5-10
Total de fósforo	5-100	5-10
Ortofosfato	4-80	4-8
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	1,000-10,000	200-1,000
Calcio	200-3,000	100-400
Magnesio	50-1,500	50-200
Potasio	200-1,000	50-400
Sodio	200-2,500	100-200

#### d) Frecuencia de riego.

En el municipio de Capulhuac solamente se utiliza el agua de lluvia, por lo que durante el estiaje la humedad disminuye y la lombricomposta: se riega cada tres días. En la Parque Tepozán se mantuvo la humedad un 60% aproximadamente<sup>2</sup>, regando ocasionalmente, mientras que la lombricomposta se regó diariamente.

La humedad se mantuvo un 60% aproximadamente, pues es un porcentaje adecuado para el crecimiento microbiano y para evitar la pérdida de nutrientes solubles, o el arrastre físico de coloides (humus, arcillas, etcétera). Sin embargo, cabe señalar que en el Parque Tepozán existen tuberías de captación del drenaje lo cual permite, en el caso de que contenga un alto contenido de nutrientes, reciclarlo o utilizarlo para regar plantíos, siempre que se analice tanto la concentración de sodio como de cloruros, nitratos y carbonatos, para evitar problemas de salinización y/o aumento del pH.

#### e) Aireación.

Esta operación únicamente se realiza en los sistemas de composta de pilas y no en la lombricomposta. En el municipio de Capulhuac no se lleva a cabo ninguna operación de volteo ni otro tipo de aireación, aunque actualmente están implementando un sistema mecánico. Los resultados de la tabla 5 corresponden a la época en que no había aireación. En la zona de estudio se realizó un volteo manual cada cuatro días de forma manual con palas.

Cabe mencionar que el municipio de Capulhuac, ya cuenta con una Bobcat, para voltear mecánicamente las pilas. Ya que la falta de aireación, en estas, afecto el proceso aumentando el tiempo de cosecha entre 8 y 12 meses dependiendo de las condiciones.

<sup>2</sup> En una primera ocasión se calculó la cantidad de agua que era necesario adicionar para que el sustrato alcance una humedad del 60%. Durante el experimento el control fue empírico basado en la medición visual de la plasticidad.

**Tabla 7. Comparativa de los resultados de la zona de estudio y Capulhuac, contra el valor de referencia de Val de Alfonso, 1997.**

Elemento	VAL		Capulhuac				Parque Tepozán			
	Valores de referencia		Composta		lombri composta		Composta		lombricomposta	
	%	Mg/kg	%	Mg/kg	%	Mg/kg	%	Mg/kg	%	Mg/kg
P	> 0.1746	>1,746	1.46	14,600	1.25	12,500	0.0344	344	0.081	810
K	>0.50	>5,000	0.78	7,800	2.24	22,400	0.39	3,927	0.35	3,465
Ca	2.86	28,600	1.67	16,700	0.68	6,800	0.37	3,662	0.33	3,328
Mg	0.18	1,800	0.32	3,200	4.14	41,400	0.15	1,547	0.15	1,534
N	>1	>10,000	2.12	21,200	0.33	3,300	0.65	6,500	0.82	8,270
C/N	12 -18						11.07		9.26	

#### f) Contenido de nutrimentos.

Al comparar los resultados obtenidos en el experimento de Tepozán con los reportados por Val del Alfonso (2001) se observa que los valores obtenidos son menores, lo cual es consecuente con la diferencia en el contenido de nutrimentos de los sustratos utilizados. Otras diferencias que podrían estar relacionadas con la disminución del valor nutricional de la composta y temperaturas máximas obtenidas son el tamaño de la partícula de los sustratos y el contacto entre éstos y el suelo.

El valor de la relación C/N de la composta es muy importante, ya que es una medida del grado de humificación. En materiales vegetales la relación C/N es muy alta, por ejemplo en legumbres varía de 10:1 hasta 30:1 y en hojas verdes jóvenes puede ser tan alta como 600:1. En los suelos el valor disminuye drásticamente hasta valores típicos de 8:1 a 15:1, aunque hay suelos de zonas húmedas en que puede llegar a 30:1. Los valores de la relación C/N deseables en la composta varían en el intervalo de 12:1 hasta un máximo de 18:1 (tabla 4), aunque hay otros autores que reportan intervalos de valores más amplios (Brady, 1999).

Los microorganismos del suelo en promedio deben incorporar dentro de sus células 24 partes de carbón por una de nitrógeno, considerando que pierden CO<sub>2</sub> durante la respiración. Cuando se adiciona material orgánico vegetal o animal al suelo, cuya relación C/N es mayor a 25, los microorganismos deben obtener nitrógeno de la solución del suelo, generando una deficiencia de este elemento para la vegetación. En el caso de que no haya fuentes alternas de nitrógeno, la formación de la composta se detiene.

En el Parque Tepozán los valores de C/N son aceptables (9:1 y 11:1) e indican la formación de humus en la composta. El nivel de nitrógeno según Vázquez y Bautista, en la *Guía para interpretar el análisis de suelo y agua*, publicado por la

Universidad de Chapingo, se clasifica como "rico", aunque la composta resulta "pobre" en fósforo, potasio y calcio según Val de Alfonso, 1997 (tabla 4), lo que es congruente con la composición del sustrato utilizado.

**Tabla 8. Porcentajes del nitrógeno en el suelo. Vázquez Et. al. 1993.**

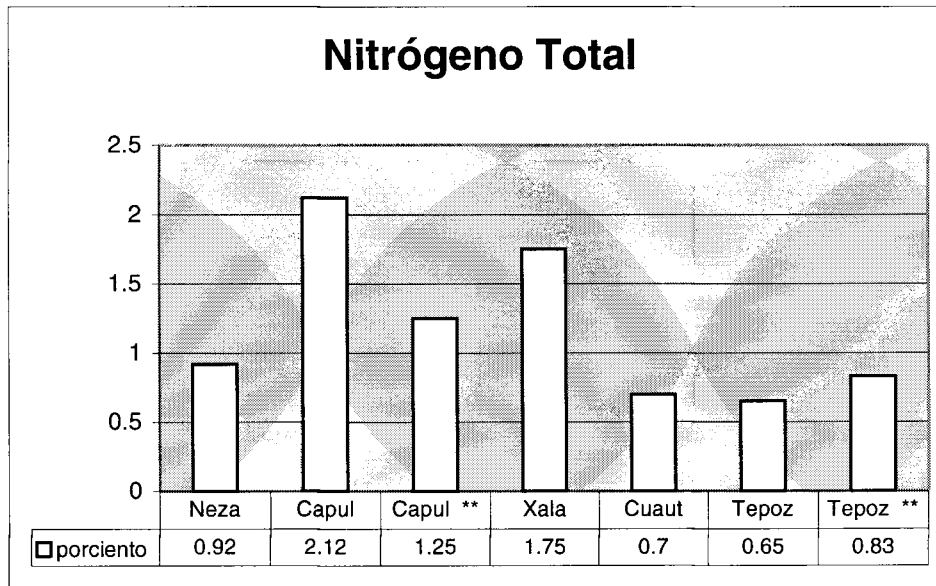
Clase	Nitrógeno total
Pobre	< 0.032
Medianamente pobre	0.032 –0.095
Mediano	0.126-0.158
Medianamente rico	0.158-0.221
Rico	>0.222

En las figuras 9 a la 13, se observa que las compostas que utilizaron sustratos ricos (residuos animales y de la industria alimentaría, etcétera) contienen mayor cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio. Las compostas que se produjeron a partir de material vegetal, como es el caso del Parque Tepozán, contienen menor cantidad de estos elementos. En el caso de la lombricomposta el contenido total disminuye respecto a la composta de pilas, sin embargo, los datos analíticos no permiten medir la disponibilidad de estos elementos, es decir cuánto del total puede ser utilizado por las plantas, lo cual generalmente aumenta en la lombricomposta.



**Gráficas comparativas de los resultados:**

**Figura 9.**

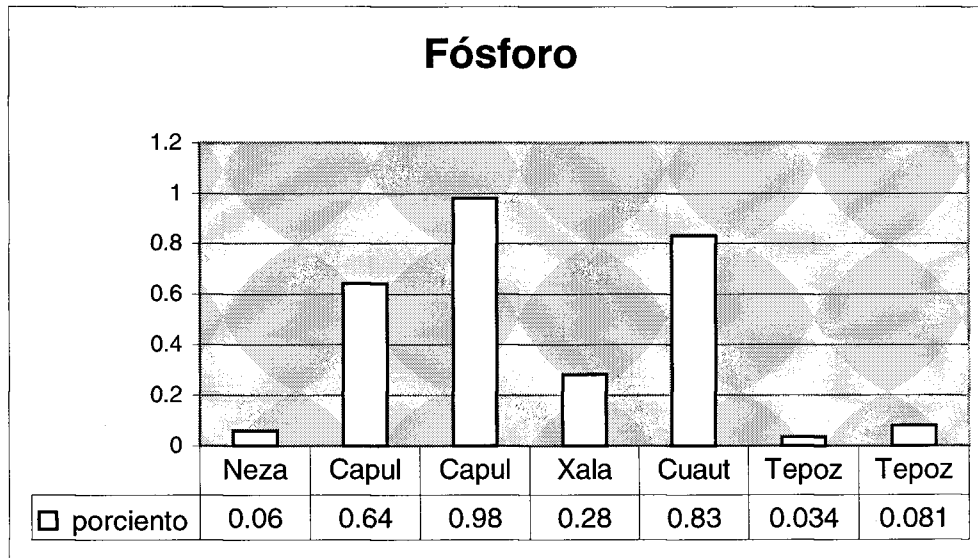


\*\* Lombricomposta

Esta es una gráfica comparativa de las diferentes áreas en donde se está produciendo composta en el Valle de México, donde las condiciones climatológicas son las mismas. Sin embargo, el nitrógeno varía en función del sustrato utilizado (Capistrán, *et al.*, 1999).

El nitrógeno es el elemento más importante para las plantas, éste es un gas por eso cuando está en el suelo, tiende a regresar al aire. Sin embargo el nitrógeno disuelto en el suelo se lava fácilmente en dos meses de lluvias. Así mismo se pierde fácilmente en el lixiviado. (SEMARNAP, 2000).

Fig. 10 Fósforo.

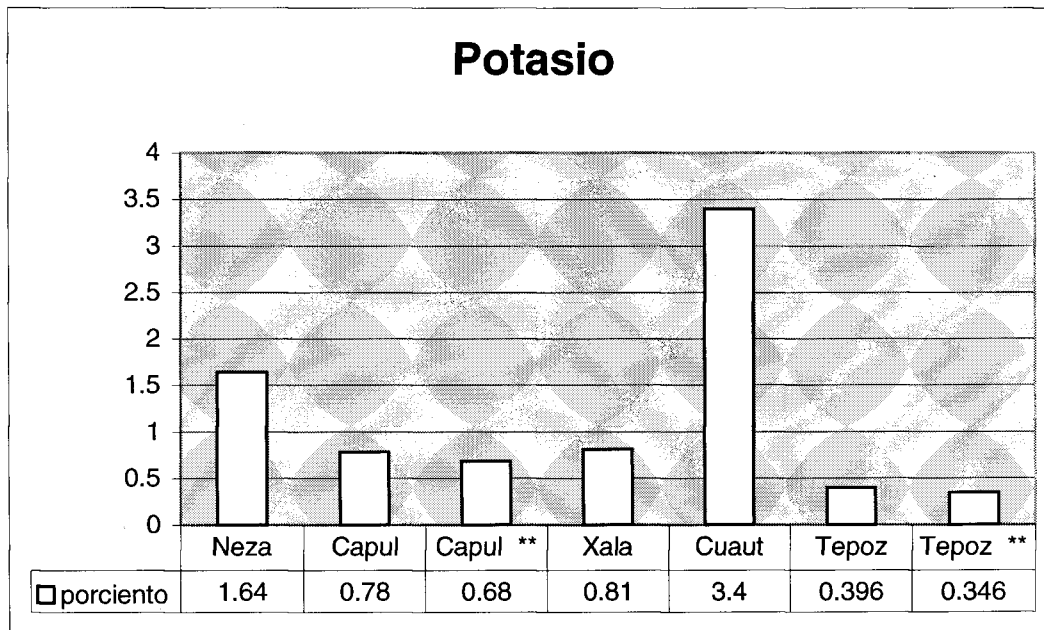


**\*\* Lombricomposta**

En la gráfica anterior, el alto contenido de fósforo en Capulhuac se debe a que la composición del sustrato utilizado tiene un alto contenido de huesos procedentes del rastro; en el caso de Cuautitlán tiene desechos de las empresas de Conservas La Torre, S.A. y Concentrados y Néctares, S.A. En el resto de los lugares el contenido de fósforo es similar, debido a que el sustrato utilizado fue compuesto por desechos domiciliarios y hojarasca básicamente.

El fósforo se encuentra por lo general en el barro y la materia orgánica, en pequeñas cantidades y a diferencia del nitrógeno casi no se disuelve, sin embargo para ser aprovechable por las plantas debe estar disuelto. (SEMARNAP, 2000).

Figura 11. Potasio.

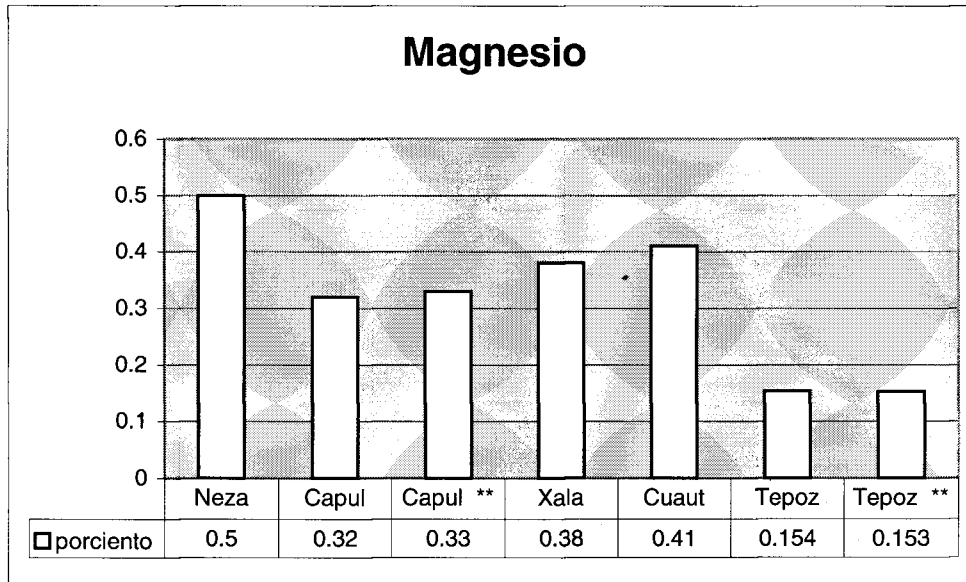


\*\* Lombricomposta

La cantidad de potasio en Cuautlán se puede deber a que se le utiliza mucho en las plantas de conservación de alimentos.

El potasio es necesario para la formación de proteínas, almidones y azúcares, y ayuda a la planta a combatir enfermedades, se encuentra en el barro, la arena y en la materia orgánica en esta última en muy pequeñas cantidades al igual que el fósforo, muy poco potasio soluble para las plantas. (SEMARNAP, 2000).

Figura 12. Magnesio.

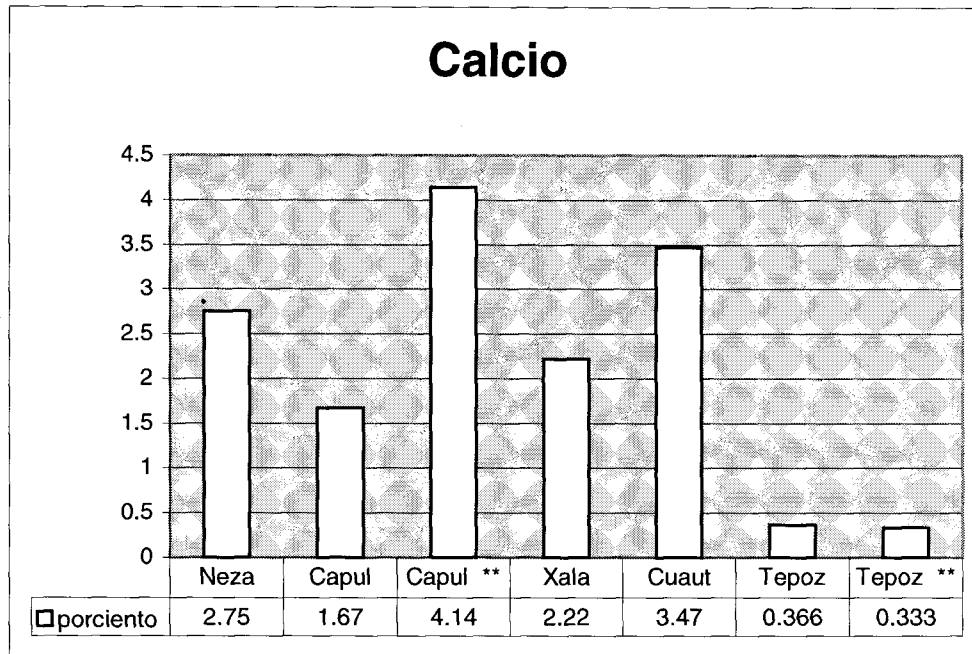


\*\* Lombricomposta

El porcentaje del magnesio que se reporta en el Parque Tepozán, es casi menos de la mitad de la reportada en los demás lugares. Esto nos hace pensar que el sustrato utilizado deberá ser enriquecido utilizando todo tipo de desechos orgánicos tanto de plantas verdes como de animales para poder elevarlo.

Este es un macroelemento necesario en los terrenos ácidos, para balancear el pH. (SEMARNAP, 2000).

Figura 13. Calcio.



\*\* Lombricomposta

El calcio en el humus de lombriz debe ser mucho más alto que en la composta tradicional, ya que la lombriz cuenta con glándulas calcíferas las cuales incrementan considerablemente la presencia de este nutrimento en el humus (Careaga, 2000).

Esto es así, porque las plantas responden a los componentes de la materia orgánica como son ácidos húmicos, fúlvicos, enzimas, hormonas, vitaminas y microorganismos (Capistrán *et al.*, 1999).

## **Capítulo 4**

### **Proyecto de producción y comercialización de composta.**

#### **4.1 Naturaleza de la empresa.**

La Cooperativa Huehuecalli es una organización de ejidatarios de San Andrés Totoltepec, Tlalpan, D.F. El objeto de la cooperativa, es desarrollar proyectos de uso sustentable, que le permitan obtener ingresos, a la vez que conservar y restaurar el bosque. Uno de estos proyectos es la producción de composta en hileras y lombricomposta con residuos sólidos biodegradables municipales.

El parque ha sido apoyado por una organización estadounidense y por la UNAM, por esa razón parte de las instalaciones del parque ya estaban construidas. Este proyecto se retoma para determinar la parte operativa y la factibilidad de la misma.

##### **4.1.1 Descripción del producto.**

El producto es un abono orgánico que aporta nutrimentos y mejora la estructura del suelo conocido como humus de lombriz o composta, dependiendo del sistema utilizado.

##### **4.1.2 Clientela.**

Los principales segmentos de población a la que va dirigido el producto son:

- Amas de casa
- Obreros
- Estudiantes
- Profesionistas
- Población en general

### **4.1.3 Dimensión del mercado y sus tendencias.**

#### **Sondeo de opinión del mercado.**

Uno de los principales problemas con el que se enfrenta el proyecto de elaboración de composta y lombricomposta es la rentabilidad.

Es necesario determinar si el abono orgánico se puede vender, en que cantidad, y quien puede comprarla. Para responder estas preguntas se realizó un sondeo preliminar del mercado.

Se decidió realizarlo así porque el interés prioritario de esta tesis ha sido determinar la factibilidad del proceso de la elaboración de la composta, y en segundo término determinar la viabilidad comercial, aun cuando se sabe que esta segunda parte es tan importante como la primera.

Para determinar la posibilidad de comercializar un abono orgánico, como es la composta, se procedió a realizar un sondeo entre las personas que compran abono para uso casero, en cinco establecimientos de autoservicio, ubicados en las delegaciones de Tlalpan, Xochimilco, Benito Juárez, Venustiano Carranza y Coyoacán. Estos consumidores reales de fertilizantes contestaron un cuestionario en que se preguntaban datos socioeconómicos y lo que sabían acerca del uso de fertilizantes. Una muestra del cuestionario y las gráficas con los resultados y su interpretación puede verse en el apéndice 2.

De esta encuesta se pudo determinar los siguientes puntos:

1. El 55.1% de los consumidores no conocen los fertilizantes orgánicos
2. El 90% lo utiliza fundamentalmente para jardines y flores.
3. El 64.75% compró paquetes de 0.5 kg a 5.0 kg.
4. Aun sin conocer los fertilizantes orgánicos la mayoría de los consumidores demuestra una actitud positiva a los mismos porque los considera menos dañinos que los fertilizantes químicos.
5. La edad del 64.58% de las personas encuestadas fluctúan entre 31 y 50 años
6. el 42.86% de la muestra se dedica al hogar
7. De la población encuestada el 27.8 % habitan en la delegación Álvaro Obregón y son los que compran más fertilizantes. Esto puede deberse a que en esta Delegación se encuentra localizado el pueblo Santa Rosa Xochiac que produce champiñones y consume altas cantidades de fertilizante.
8. El 45.45% de los encuestados consumen fertilizantes marca Happy Flower, por lo que esta empresa líder constituye el principal competidor para la introducción de la composta.

9. Los encuestados argumentan que la marca de fertilizantes que seleccionan es la que da mejor resultado y que además es la mejor opción por ser un fertilizante natural
10. Más del 60% de los encuestados dicen conocer los beneficios del uso de fertilizantes orgánicos.

Con base en estos resultados, se puede establecer que existe una buena oportunidad para introducir la composta en el mercado. Sin embargo, esta conclusión debe confirmarse realizando una encuesta más amplia que incluya los consumidores masivos, como son personas encargadas de parques y jardines, campos de golf, horticultores y productores agrícolas ( McLaurin, et.al, 1991).

#### **4.1.4 Disponibilidad de materias primas (desechos domésticos).**

Se realizó una encuesta con una muestra de 903 entrevistas que se aplicaron a personas escogidas al azar como muestra representativa de un total de población. La finalidad de la encuesta fue determinar la disposición de la gente para separar y dar su basura orgánica para la elaboración de composta, así como el tipo de basura que se genera en mayor cantidad

Las encuestas fueron aplicadas por los alumnos de sexto semestre de la preparatoria del ITESM CCM . Se separaron por delegación, se encuestaron: Benito Juárez, Álvaro Obregón, Xochimilco, Coyoacán y Tlalpan, siendo ésta última la de mayor relevancia para este estudio por encontrarse el parque ubicado en esta zona. Como éste estudio pretende ser una propuesta de manejo para cualquier comunidad o municipio, consideramos de suma importancia saber la opinión de los habitantes de otras delegaciones del D.F.

La población encuestada va de los 15 a los 70 años de edad, de los cuales el 64% fueron mujeres y el 37% hombres. El 35% fueron amas de casa, el 27% estudiantes seguido en importancia por un 24% de profesionistas.

Los resultados de la encuesta nos dictan que el 84% de la población tira la basura en el camión, de ese 84% el 81% la tira en bolsa de plástico.

En relación con el tipo de basura generada en mayor cantidad, obtuvimos que aprox. un 56% de la basura son desechos de comida (orgánica), lo que se aproxima considerablemente a los datos reportados por Deffis Caso (1994) de 49.05% de materia orgánica en la basura doméstica del D.F.

A pesar de que el 83% de los encuestados contestaron que no ha habido campañas de separación de basura en sus colonias, el 82% de ellos estarían dispuestos a separar la basura y el 93% estaría dispuesto a donar la basura para la



producción de composta. Lo cual nos indica que si es posible contar con el apoyo de la población para minimizar los costos de separación de basura en el origen.

La muestra de la encuesta y los resultados de la misma así como las gráficas comparativas de los resultados se encuentran en el apéndice 2.

#### **4.1.5 Competencia.**

La competencia real del mercado esta entre las marcas Happy Flowers, Rancho los Molinos y Fertijardin, que se encuentran en el mercado. Sus productos están considerados entre los que dan mejores resultados y tienen buenos canales de distribución, es decir, hay presencia.

En el apéndice se presenta una lista de precios de la competencia y las marcas que se manejan.

#### **4.1.6 Sector del mercado y nivel de ventas proyectadas.**

Es difícil determinar el nivel de ventas ya que se requiere de encuestas con mayor número de personas. Sin embargo, con los datos obtenidos se determinó el mínimo de ventas mensuales requeridas para que la empresa de producción de composta resulte rentable, considerando que la capacidad instalada es de 25 toneladas trimestrales (Ver apéndice 2.)

### **4.2 Mercadotecnia y ventas.**

#### **4.2.1 Objetivos.**

El objetivo es lograr vender cuando menos el 30% de la producción, logrando un 28% de utilidades. Se espera que las ventas puedan aumentar al 55% dando una utilidad del 148% (Ver apéndice 2).

#### **4.2.2 Plan para introducirse en el mercado.**

Para lograr introducir el nuevo producto en el mercado es necesario crear una imagen del producto, se propone utilizar el logotipo del parque Tepozán para todos los productos que planean generar, como setas, plantas de ornato, etc. Es necesario considerar que se requiere implementar una fuerte campaña promocional, que incluya anuncios en televisión, radio, internet, folletos, etc.

Asimismo se tendría que contemplar visitas al parque para conocer las instalaciones.

En el caso que no se cuente con los fondos necesarios para dicha campaña, se sugiere realizar una campaña personal con el apoyo de los cooperativistas para promover el producto en los tianguis, viveros y mercados ambulantes.

#### **4.2.3 Lugar y distribución.**

El lugar de distribución serán las tiendas de autoservicio, venta directa en tianguis, viveros, y mercados ambulantes, los parques ecológicos, clubes de golf, visitas a las granjas y ranchos de la región.

#### **4.2.4 Precio.**

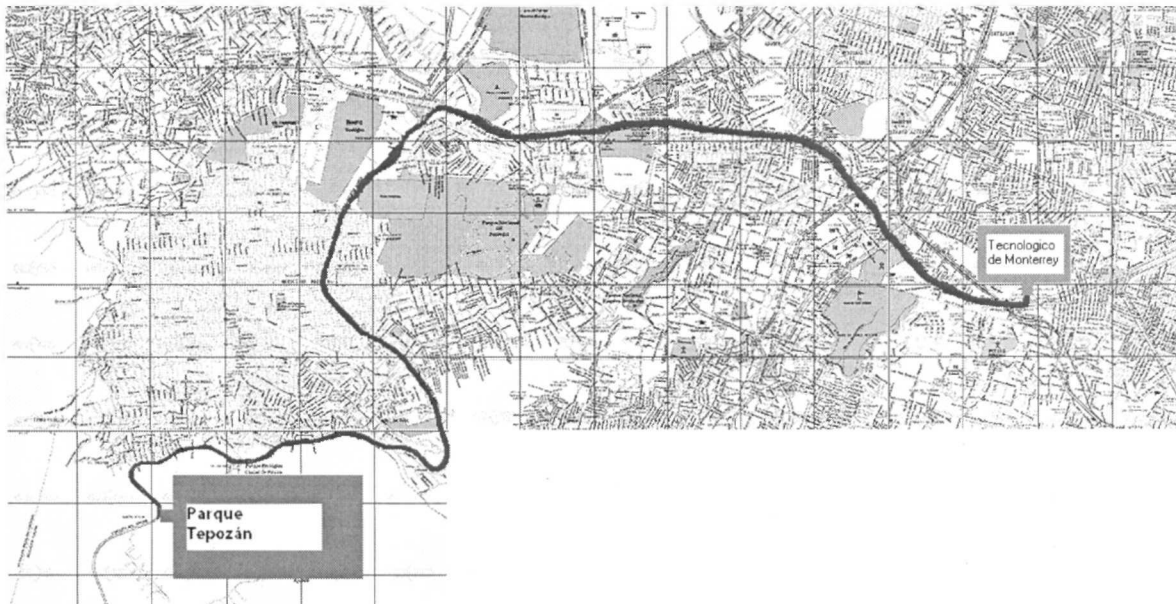
El precio de venta establecido para el estudio es de \$10.00 por kilo a menudeo, considerando que el precio de la competencia es de \$13.50. El ofrecer un producto más barato permite esperar un fuerte impacto que logre captar rápidamente el mercado.

#### **4.3 Análisis costo-beneficio.**

Cabe aclarar que, como el Parque Tepozán ya contaba con infraestructura, en este análisis solamente se tomó en cuenta la inversión que se necesita para iniciar la producción de composta, que incluye la restauración de la infraestructura, la recolección de la materia prima, el transporte de la misma, la mano de obra, e insumos. En caso que se quisiera tomar los datos para una planta similar, es necesario incluir otros costos de inversión como son el terreno y la construcción de las instalaciones.

A pesar que la encuesta de manejo de basuras señaló que el 82% de los entrevistados están dispuestos a separar y donar su basura para el proyecto; se determinó que para disminuir los costos de recolección y asegurar la calidad de la materia prima, sería conveniente hacer convenios con los diferentes restaurantes y supermercados ubicados en la ruta. A cada sitio seleccionado se les presta tanques de basura de 200 litros y se recolectan gratuitamente cada día. La ruta que se diseñó fue la siguiente:

**Figura 1. Mapa de ruta.**



Tomando en cuenta que para este proyecto el ITESM-CCM inicialmente accedió a separar su basura y regalarla al Parque para realizar el experimento, la ruta de recolección de basura se inicia en este punto.

A continuación se describen el tipo de empresa que se encuentran en la ruta de recolección y que generan desechos biodegradables:

<b>Ruta de recolección, saliendo del Parque Tepozán.</b>	
Salida Parque Tepozán	Inicio de ruta (km = 0)
Restaurante pequeño	Carretera Picacho –Ajusco (km 4.5)
Restaurante pequeño	Carretera Picacho –Ajusco (km 8.4)
Parque Six Flags	Carretera Picacho –Ajusco (km 9.4)
Burger King	Carretera Picacho –Ajusco (km 10.3)
Restaurant Chazz	(Periférico Norte a Sur por la lateral) Km. 11.2
Taco Inn	km 11.9
Hotel Radisson	km 12. 5
McDonalds (frente al ITESM-CCM)	km 18.6

<b>Posibles rutas saliendo del ITESM-CCM.</b>	
ITESM-CCM	Inicio de ruta (km = 0)
Superama de San Fernando y Periférico	Periférico sur a norte por la lateral km 3
Auchan de Gran Sur	km 4.1
Superama de Pedregal	km 5
McDonalds del Pedregal	Km 5.5
Universidad Pedagógica Nacional	Carretera Picacho-Ajusco km 9.5
Carrefour Ajusco	km 10
Domino's Pizza	km 11.5
Colegio Irlandes O'farril	km 13.7
Centro de transferencia de basura	km 13.8
Dos pequeños restaurantes	km 15.8
Parque Tepozán	km 19

El resto del material que aparece en los gastos de inversión, es el necesario para construir cunas adicionales para la lombricomposta, así como construir un techo de lámina para protegerlas de las inclemencias del tiempo.

En los costos, el área de la bodega no está contemplada, pues el parque Tepozán ya cuenta con una construcción de aproximadamente 800 metros, en donde se pueden almacenar los bultos de composta.

Este análisis pretende determinar la mínima inversión necesaria para lograr iniciar las actividades de producción del área de composta del parque Tepozán, así como la cantidad mínima de venta requerida para alcanzar un balance entre las ventas y la producción.

Con este fin se presentan dos escenarios económicos para la producción de composta y dos escenarios para la producción de lombricomposta, en los cuales se está considerando un costo de capital más el riesgo de inversión de un 25%.

#### **4.3.1 Primer escenario de composta.**

El costo de inversión inicial sería de \$175,348.00 en los dos escenarios de composta. Este escenario se está manejado con el 30% de probabilidad de venta de la producción, en cuyo caso el costo por bolsa es de \$7.82.

En este escenario se considera una venta del 30% de la producción de la composta (2,500 kg/ mes). Bajo estas condiciones la venta mensual es de \$25,000.00 pesos y da una utilidad antes de impuestos de \$5,455.33 y después

de impuestos de \$4,084.00. Estos ingresos se utilizan para pagar los costos de amortización. El tiempo de retorno de la inversión es de 9 años (Ver apéndice 2).

#### **4.3.2 Segundo escenario de composta.**

Este escenario se plantea la venta del 55% de la producción, lo cual equivale a 4,583 kg de composta mensuales. Lógicamente que en este caso se tienen los mismos costos que en el escenario anterior, por lo que el incremento en las ventas da un costo de producción de \$4.38 por cada kilogramo de composta y una utilidad del 128%, o sea \$25,755.11 sin impuestos y \$19,316.33 neto con un tiempo de retorno de la inversión de 9 meses.

Es evidente que si se vende más del 55% de la producción, la utilidad obtenida aumenta, pero no puede superar la capacidad instalada que es de 25 ton cada tres meses, pues el modelo no contempla el aumento en los gastos de inversión. (Ver apéndice 2).

#### **4.3.3 Primer escenario de Lombricomposta.**

Este escenario requiere considerar que el kilo de lombrices cuesta aproximadamente \$300.00 pesos, lo cual aumenta los costos de inversión, mencionados anteriormente en \$50,400.00, lo que nos resulta como costo de inversión de \$225,748.00.

Considerando una venta del 35% de la producción que equivale a 2,917 kg de composta mensuales y un precio competitivo de 10 pesos, Bajo este escenario se logra obtener la mínima utilidad necesaria para pagar el costo de capital y el riesgo de inversión, siendo ésta del 48% en ventas. La utilidad antes de impuestos es de \$9,507.29 y después de impuestos de \$7,130.47, logrando un tiempo de retorno de la inversión de 5 años (ver apéndice 2).

#### **4.3.4 Segundo escenario de Lombricomposta.**

En este caso se considera una probabilidad de venta del 55% que equivale a 4,583 kilogramos de composta mensuales, lo cual da una utilidad de 128% , que implica ventas mensuales de \$45,833.33 pesos. La utilidad antes de impuestos es de \$25,755.11 y después de impuestos de \$19,316.33, con un tiempo de retorno de inversión de 1 año. (ver apéndice 2).

Se considera que la empresa es rentable siempre y cuando se venda un mínimo del 30% de la capacidad de producción.

---

---

Según la encuesta el mercado potencial es prometedor ya que este producto, de alguna forma u otra está presente en el mercado y ha dado buenos resultados. Los consumidores están sensibilizados a proteger su ambiente y prefiere productos naturales que no degradan los suelos. No obstante, como ya se comentó es necesario realizar un estudio de mercado más profundo para establecer una campaña de venta a través de los medios de comunicación, o en su defecto de persona a persona.

## CAPITULO 5

### Conclusiones y recomendaciones.

La composta obtenida bajo las condiciones reales del parque Tepozán, utilizando como sustrato desechos orgánicos de bajo valor nutricional y condiciones de operación limitadas, puede considerarse de buena calidad. Sin embargo, la adición de nutrimentos para balancear el contenido de elementos esenciales, adicionando otros desechos, por ejemplo de origen animal, permitiría mejorar sustancialmente su calidad, especialmente aumentaría el contenido de nitrógeno.

La temperatura máxima obtenida durante el composteo estuvo limitada por el bajo valor nutricional de los sustratos utilizados, pero la relación C/N indica que se llevó a cabo el proceso de humificación.

El tiempo de composteo para este tipo de sustrato se limitó a 2 meses, pero si se adicionan otros tipos de desechos más estables que mejoren el valor nutricional, el tiempo va a aumentar ya que los materiales de origen animal son más difíciles de degradar.

Los análisis químicos no muestran diferencias entre la composta obtenida con el método de hilera y la lombricomposta; no obstante, la metabolización de los nutrimentos por los nematodos aumenta el nivel de asimilación de elementos esenciales para las plantas, por lo que resultaría conveniente que en experimentos futuros se evaluara no solamente el contenido total de elementos esenciales sino también su disponibilidad.

Para aumentar el valor nutricional de los desechos de comida recolectados, es de suma importancia que la frecuencia de la recolección sea la adecuada para evitar que los desechos sufran durante el almacenamiento procesos de descomposición anaerobios, y la consecuente pérdida de nitrógeno, carbono y otros elementos esenciales.

Queda claro que las delegaciones encuestadas el 82% de las personas están de acuerdo en separar la basura y donarla para el proyecto, sin embargo, la recolección domiciliar resulta complicada y de alto costo, y puede generar conflictos sociales con el gremio de trabajadores de la basura; por lo que se optó por recomendar el establecimiento de convenios con empresas que generan este tipo de desechos en altos volúmenes.

Los resultados de la evaluación económica de este estudio, muestran que la venta del 30% de la producción de la composta a un precio de 10 pesos el kilo, cubre la operación, la amortización de la inversión, la recolección y el empaque. Estos datos permiten recomendar que se realice un estudio mas profundo de mercado para determinar el volumen diario de composta que puede ser comercializado en el Valle de México, ya que hay diversos proyectos en esta zona para implementar sistemas de composteo de basura, y reducir los volúmenes que se confinan en basureros o rellenos sanitarios, en donde se generan gases invernadero y lixiviados. Cabe mencionar que el gobierno del Distrito Federal acaba de implementar la producción de composta (capacidad de aproximadamente 200 toneladas diarias), la cual si cumple con parámetros de calidad comercial puede ser comercializada, aunque actualmente se planea utilizar para mejorar los suelos de diversas zonas degradadas, y no se ha considerado la venta de dicho producto.

Antes de este estudio, los únicos datos disponibles sobre la factibilidad económica de producir composta en el Valle de México, eran los aportados por un proyecto realizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), con datos proporcionados por el gobierno del Distrito Federal y otros generados mediante investigación de campo. Sin embargo, este estudio no tomó en cuenta el escenario político del país ni realizó un estudio de mercado, ya que la mayor parte de las empresas de gobierno no consideran la rentabilidad de los proyectos, por lo que los datos generados en esta tesis resultan relevantes ya que la información fue obtenida *in situ* y considerando las condiciones técnicas, económicas y políticas que imperan en México.



## Referencias bibliográficas.

1. André, F. (1963) (cit.Reineche,1991): "Contribution á lanalyse de le réproduction des lombriciens." Bll. Biol.Fr. Belg. 97:1-101
2. Avel(1937) (cit.Reinecke,1991): "Titres et travaux scientifigues. Delmas, Bordeaux.
3. Bautista, Carmen. (1998),"Residuos, Guía Técnico- Jurídica", Grupo Mundi-Prensa, EspañaBerry, E.C. & D. Jordan, "Temperature and soil moisture content effects on the growth of Lumbricus terrestris(Oligochaesta: Lumbricidae) under laboratory conditions" , Soil Biology & Biochemistry 33 (2001) 133-136.
4. Bansal, Sudha,K.K. Kapoor, "Vermicomposting of crop residues and cattle dung with Eisenia Foetida", Bioresource Technology,73(2000) pg.95-98.
5. Barois Isabelle,1992,"Mucus production and Microbial activityin the gut of two species of Amynths (Megascolidae) form cold and warm tropical climates. "Soil Biology Biochemical, 24, 1507-1510.
6. Barois, I. Y E. Aranda. 1995 "Utilización de lombrices en la transformación de la pulpa del café en abono orgánico." Reporte final, proyecto # 045-N9108.Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología\_ Instituto de Ecología A.C. México.104p.
7. Bouche, M.B.( 1972) (cit.Reinecke, 1991) , "Lombriciens de France, ecolgie et systématique." Ann. Zool. Ecol. Anim. (num spec) 72.
8. Brady INLE C. (1999), "The Nature and Properties of Soils", 12<sup>th</sup> edition Prentice-Hall Inc.
9. Careaga, J.A. "Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes." Serie Monografías No. 4 Secretaria de Desarrollo Social. 159 p.1993
10. Consejo Nacional de Fomento a la Educación, 1995, "Que hacer con la basura".,Serie Educación ambiental. México pg.47.
11. Capistrán, Fabricio, Aranda Eduardo, & Romero, Juan Carlos, "Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje", Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México, 1999.

12. Campos, Margarita, Lugo Saskya & Udo Gitscher, "Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador", Fundación Natura-REPARMAR-CEPIS-G.T.Z., Quito, marzo 1998.
13. Deffis Caso, Armando, "La Basura es la Solución", Árbol Editorial S.A. de C.V. 1994, México, D.F.
14. Edwards, C.A., Bohlen, P.J., 1996. "Biology and Ecology of Earthworms." Chapman and Hall, 2-6 Boundary Row, London SE18HN, UK.
15. Edwards, Clive, "Using earthworms systems", Biocycle, vol. 38, julio 1997, pg.63-64.
16. Finstein, M.S., F.C. Miller, & P.F. Storm (1986). "Waste Treatment Composting as a Controlled System, in Biotechnology, Vol.8 Microbial Biodegradations, (W. Schonborn, ed).
17. Gutiérrez, Margarita, "Residuos peligrosos". En prensa Dirección General de Publicaciones UNAM 2000.
18. Hartenstein, R. 1981. "Production of earthworm *Eisenia Foetida* as a potentially economical source of protein. Biotechnology and Bioengineering 23 :1812-1997
19. Haimi, J., V. Huhta. 1990. "Effects of earthworms on decomposition processes in raw humus forest soil: A microcosm study", Biol. Fertil. Soils. 10, 178-183.
20. Hand, P., Hayes, W.A., Frankland, J.C., Satchell, J.E., 1988. "The vermicomposting of cow slurry." Pedobiología 31, pg.199-209.
21. Irissón, N.S. 1995. "Calidad del abono y de la lombriz de tierra resultante del lombricompostaje de la pulpa de café." Tesis profesional. Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 85 p.
22. Instituto Nacional de Educación para Adultos (INEA), 1994, "Aguas con la basura", México, pg.18.
23. Jaenike, J. (1982) (cit. Reinecke, 1991), "Eisenia Foetida is two biological species." Megadrilogica, vol 4, pg. 6-7.

24. JICA. Estudio sobre el manejo de residuos sólidos para la Ciudad de México. Estados Unidos Mexicanos. Informe final Vol. I. Resumen Ejecutivo, mayo 1999. Kokusai Kogyo. Ltd.
25. Kimball, John W. "Biología" cuarta edición, Addison-Wesley Iberoamericana pg.703.
26. McLaurin, Wayne J., and Gary L. Wade. (1991), "Composting and Mulching: A Guide to Managing Organic Landscape Refuse.(revised). University of Georgia Cooperative Extension Service Circular 816. University of Georgia.
27. Mitchell, Alan, "Production of Eisenia Fetida and Vermicompost from feedlot cattle manure", Soil Biol. Biochem. Vol. 29, No. 3/4, 1997, pg. 763-766.
28. Nebel, Bernard J. & Wright, Richard T., "Environmental Science: The Way the World Works", 5<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall Inc. 1996.
29. Ndegwa Pius M. & S.A. Thompson, "Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids", Bioresource Technology, Febrero 2000 pg.7-12.
30. Ndegwa Pius M. & S.A. Thompson, "Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids", Bioresource Technology, Julio 2001 pg.107-112.
31. Ndegwa Pius M. & S.A. Thompson, "Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids", Bioresource Technology, abril 1999 pg.5-12.
32. Paoletti, Maurizio G., "The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators", de Agriculture Ecosystems & Environment, 74(1999), pg. 137-155.
33. Reinecke, A.J.; Viljoen, S.A., "A comparison of the biology of Eisenia fetida and Eisenia andrei (Oligochaeta)". Biol. Fertil. Soils, Nov. 1991, pp. 295-300.
34. Reinecke, A.J., Viljoen, S.A., Saayman, R.J. (1992), "The suitability of Eudrilus eugenie, Peronys excavatus and Eisenia fetida (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements." , Soil Biol. Biochemistry, vol 24 (12) , pg.1295-1307.
35. Riggle, David & Holmes, Hannah, "New horizons for commercial vermiculture", Biocycle, vol. 35, Octubre 1994, pg. 58.

36. Riggle , David, "How to promote backyard composting", Biocycle, vol. 37, abril 1996, pg. 48.
37. Risse, Mark & Faucette, Britt, "Food Waste Composting, Institutional and Industrial Applications" Cooperative Extension Service, The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, 2000
38. Rynk, Robert, "Contained Composting Systems Review", de Biocycle Magazine, Marzo 2000, pg. 30
39. Sabine, J. 1983. Earthworms as source of food and drugs. pp.285-296 en: Satchell, J. ed. Earthworm ecology from Darwin to Ecology. Editorial Chapman and Hall.
40. Senties E. Yolanda, Sánchez Rubio Ricardo, Bonfil Valle Concepción, Wehenpohl, Gunther, y Aguilar Silva, Hector. "Curso: Tratamiento de residuos orgánicos municipales: Lombricultura Municipio de Atlacomulco 7,8,9, de junio del 2000, Universidad Autónoma de Chapingo
41. Secretaria de desarrollo social (SEDESOL) Proceso del manejo y generación de los residuos sólidos municipales (Tríptico), en Promoción del buen manejo de los residuos sólidos municipales. Carpeta con 6 trípticos. México, D.F. 1995
42. Semarnap, Manual, (1999). "Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos", Diciembre
43. Semarnap, 2000, " Manual para la conservación de suelos" primera edición.
44. Sherman-Huntoon, Rhonda, "Latest developments in mid-to-large-scale vermicomposting.", Biocycle, vol.41, noviembre 2000, pg. 51-54
45. Sims, R.W. (cit. Reinecke, 1991), "The scientific names of earthworms. In Satchell JE (ed). Earthworm ecology from Darwin to vermiculture." Chapman and Hall, 1983, London pg.467-474
46. Slejska, Antonin, "Vermicomposting of wastes from paper pulp industry", 1999
47. Syers, J.K. , Mackay, A.D., J.A. Springetti and P.E. Gregg. 1982. Plant ability in Mugiwra, L.M. 1976, "Effect of dairy cattle manure on millet and rye forage and soil properties", J. Environ. Qual. 5:60-61

48. Tchobanoglous, George & Burton, Franklin L.(1991) "Waste Water Engineering, Treatment ,Disposal and Reuse",Irwin/McGraw-Hill Inc.
49. Tchobanoglous, George, Theisen Hilary & Vigil Samuel A.(1994) "Gestión Integral de Residuos Sólidos " Volumen I & II, McGraw-Hill, Inc.
50. Tchobanoglous, George, Theisen Hilary & Vigil Samuel A.(1995) "Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues", McGraw-Hill International Editions
51. Trejo Vázquez, Rodolfo, "Procesamiento de la Basura Urbana", Editorial Trillas, 1994
52. Vázquez A. Antonio, Bautista A. Norberto, "Guía para interpretar el Análisis Químico de Suelo y Agua" Universidad de Chapingo, 1993.
53. Val. Del Alfonso, "Reciclaje, Manual para la recuperación y aprovechamiento de las basuras", Barcelona , España 1997.

## Referencias de páginas electrónicas.

1. Richard, Tom, "Odor Management",  
<http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/odor.management.html>,  
octubre 4,2000
  2. Richard, Tom, "Oxygen Transport",  
<http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/oxygen.transport.html>  
octubre 4,2000
  3. Richard, Tom, "Municipal Solid Waste Composting: Physical Processing",  
<http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/MSW.FactSheets/msw.fs1.html>,  
octubre 3,2000
  4. Richard, Tom, "Municipal Solid Waste Composting: Biological Processing"  
<http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/MSW.FactSheets/msw.fs2.html>  
octubre 20, 2000
  5. Richard, Tom, & Woodbury, Peter B., "Municipal Solid Waste Composting:  
Biological Processing"  
<http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/MSW.FactSheets/msw.fs3.html>  
octubre 20 ,2000
  6. Richard, Tom L.&Trautman, Nancy M., "Getting the Right Mix: Calculations  
for thermophilic Composting",  
<http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/calc/rightmix.html>,  
octubre 11,2000
  7. Richard, Tom. "Excess Moisture"  
<http://www.cfe.cornell.edu/compost/odors/excess.moisture.html>  
octubre 11,2000
  8. Richard, Tom. "Inadequate Porosity"  
<http://www.cfe.cornell.edu/compost/odors/inadeq.porosity.html>  
octubre 11,2000
  9. Richard, Tom, "Rapidly Degrading Substrate"  
<http://www.cfe.cornell.edu/compost/odors/degrading.substrate.html>,  
octubre 11,2000
  10. Richard, Tom, "Excessive Pile Size"  
<http://www.cfe.cornell.edu/compost/odors/excessive.pile.html>  
octubre 11,2000
-

11. Richard, Tom. "Determining Volatile Solids and Moisture Losses"  
[http://www.cfe.cornell.edu/compost/calc/vs\\_moistureloss.html](http://www.cfe.cornell.edu/compost/calc/vs_moistureloss.html)  
octubre 11,2000

## **Apéndice 1**



**Tabla de comparativa de resultados:**

Municipio	Humedad	Aireación	Tiempo de cosecha	Material utilizado	N total	P %	K %	Ca %	Mg %	M.O.	C/N %
Nezahualcóyotl	Sólo cuando es necesario	Con retroexcavadora primer volteo a la semana de formada la pila subsiguientes cada 15 días	Entre 60 y 90 días	Residuos orgánicos de 6 mercados y 5 iglesias	0.92	0.06	1.64	2.75	0.5	nr	nr
Capulhuac	Poca frecuencia	No se voltea	De 70 a 90 días	Residuos orgánicos domiciliarios, parques, jardines, y rastros	2.12	0.64	0.78	1.67	0.32	nr	nr
Capulhuac lombricomposta	Se riega cada tres días	No se realiza	Entre 4 y 6 meses	Se utiliza el material antes mencionado parcialmente composteado	1.25	0.98	0.68	4.14	0.33	nr	nr
Xalatlaco	una vez por semana	El volteo se realiza cuando esta disponible el traxcavo	De 70 a 90 días	Residuos orgánicos domiciliarios, parques, jardines, y rastros	1.75	0.28	0.81	2.22	0.38	nr	nr
Tultepec	No se realiza	Se coloca un tubo de 10 " en el centro de cada cajón (2x2 m) cuando se inicia su formación, al terminar se retira el tubo, y el hueco que queda sirve para airear el cajón.	Más de 90 días	Residuos orgánicos domiciliarios, parques y jardines.	1.05 <sup>3</sup>	0.062	2.32	nd	nd	nr	nr
Cuatitlán Izcalli lombricomposta	Se riega diariamente sin inoculo	El volteo se realiza con un carador frontal "Bobcat" una vez por semana	En promedio 45 días	Residuos orgánicos domiciliarios, parque y jardines y de las empresas Conservas la Torre S.A. y Concentrados y Néctares S.A. Las ramas se trituran con un biotriturador CARAVAGGI BIO-300	0.7	0.83	3.4	3.47	0.41	nr	nr
Tepozán	Sólo cuando es necesario	Se empezó a voltear a la semana y de ahí cada tercer día	60 días	Desechos de frutas y legumbres del restaurante del ITESM CCM, hojarasca del parque y tierra	0.65	0.034	0.396	0.366	0.154	12.41	11.07
Tepozán lombricomposta	Cada tercer día	No se realiza	45 días	Desechos domiciliarios y el material antes mencionado parcialmente composteado	0.83	0.081	0.346	0.333	0.153	13.2	9.26



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-24-1984**

**PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL  
SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACION DE  
NITROGENO TOTAL**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION - SOIL CONTAMINATION -  
MUNICIPAL SOLID RESIDUES - TOTAL NITROGEN DETERMINATION*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## *PREFACIO*

En la formulación de esta Norma participaron los siguientes organismos:

### SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

- Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

### DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

- Dirección General de Estudios Prospectivos.
- Dirección General de Programación de Obras y Servicios.
- Comisión de Ecología.

PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL  
SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACION DE  
NITROGENO TOTAL

ENVIRONMENTAL PROTECTION - SOIL CONTAMINATION -  
MUNICIPAL SOLID RESIDUES - TOTAL NITROGEN DETERMINATION

## 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Mexicana establece el método Kjeldahl para determinar la cantidad de nitrógeno total contenido en los Residuos Sólidos Municipales.

Por este procedimiento se convierten todos los componentes del nitrógeno oxidados tales como nitratos y nitritos a nitrógeno reducido a sulfato de amonio.

## 2 REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

- |            |  |
|------------|--|
| NMX-AA-091 | Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos-Terminología.  |
| NMX-AA-052 | Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Preparación de Muestras en Laboratorio para su Análisis. |

## 3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma las definiciones son las establecidas en la Norma Mexicana NMX-AA-091-. Además de la siguiente:

### 3.1 Nitrógeno total

Es la suma de los nitrógenos amoniacal y orgánico presentes en la muestra, conocido como nitrógeno Kjeldahl.

#### 4 RESUMEN DEL METODO

La muestra es digerida en presencia de ácido sulfúrico concentrado, sulfato de potasio y sulfato cúprico hasta desprendimiento de humos blancos y que la solución sea transparente e incolora o de un tono amarillo paja.

El residuo es enfriado, diluido y llevado a condiciones alcalinas para la determinación del amonio.

El amonio destilado se cuantifica volumétricamente.

#### 5 OBTENCION DE LA MUESTRA

La muestra se obtiene como se indica en la Norma Mexicana NMX-AA-052

#### 6 APARATOS Y EQUIPO

Equipo usual de laboratorio además de:

6.1 Aparato de digestión Kjeldahl con extractor de humos

6.2 Aparato de destilación Kjeldahl

6.3 Matraces Kjeldahl de 800 a 1000 cm<sup>3</sup>

6.4 Potenciómetro

NOTA: Se requiere de tres matraces Kjeldahl por muestra

#### 7 MATERIALES Y REACTIVOS

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico, (A menos que se indique lo contrario), siempre que se mencione agua debe entenderse agua destilada.

7.1 Materiales

7.1.1 Granalla de zinc de 20 mallas

7.1.2 Perlas de vidrio

## 7.2 Reactivos

7.2.1 Sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ )

7.2.2 Sulfato cúprico ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )

7.2.3 Acido sulfúrico concentrada ( $H_2SO_4$ )

7.2.4 Acido salicílico ( $C_2H_2O_4$ )

7.2.5 Tiosulfato de sodio cristalino ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ )

7.2.6 Alcohol etílico ( $CH_3 - CH_2 - OH$ ) al 95%

7.2.7 Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 10 N

7.2.8 Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N

7.2.9 Solución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0.1 N

7.2.10 Solución indicadora de anaranjado de metilo (0.1 g de anaranjado de metilo en una solución de  $50\text{ cm}^3$  de alcohol etílico y  $50\text{ cm}^3$  de agua).

7.2.11 Solución indicadora mixta de rojo de metilo y verde de bromocresol (Pesar 1 g de rojo de metilo y 0.5 g de verde de bromocresol, se disuelven en  $100\text{ cm}^3$  de alcohol etílico y se lleva a un pH = 4.5).

## 8 PROCEDIMIENTO

### 8.1 Digestión

8.1.1 Correr un blanco de agua.

8.1.2 Pesar 0.5 g de muestra y se transfiere a un matraz Kjeldhal.

8.1.3 Agregar 2 g de ácido salicílico y  $40\text{ cm}^3$  de ácido sulfúrico concentrado, agitar, hasta que el ácido se incorpore totalmente a la muestra, formándose el ácido nitrososalicílico.

8.1.4 Dejar reposar 30 minutos, y después añadir 10 g de tiosulfato de sodio con el fin de reducir al ácido nitrososalicílico; agitar y dejar reposar por un período de 5 minutos.

8.1.5 Transcurrido el tiempo calentar la mezcla a flama baja en el matraz Kjeldahl hasta que no exista desprendimiento de humos blancos y la solución se clarifique. Continuar la digestión durante 30 minutos más.

Retirar el matraz y dejar enfriar a temperatura ambiente.

8.1.6 Añadir 1 g de sulfato cúprico y 10 g de sulfato de potasio llevar a digestión hasta que la solución sea incolora ó de color amarillo paja.

8.1.7 Preparar un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup>, dentro del cual se vierten 25 cm<sup>3</sup> de solución de ácido sulfúrico y de 3 a 4 gotas de solución indicadora de anaranjado de metilo y se coloca abajo del condensador de manera que la punta quede en el seno del líquido.

8.1.8 Agregar al matraz Kjeldahl de 4 a 5 granallas de zinc y 10 perlas de vidrio.

8.1.9 Adicionar con cuidado 100 cm<sup>3</sup> de solución de hidróxido de sodio 10 N resbalando por las paredes del cuello del matraz y conectar al destilador.

## 8.2 Destilación

8.2.1 Encender la parrilla del destilador

8.2.2 Inclinar el matraz y agregar con mucho cuidado 150 cm<sup>3</sup>, de la solución de hidróxido de sodio.

El matraz se calienta hasta que destile todo el amoniaco (Un mínimo de 150 cm<sup>3</sup> de destilado se obtiene aproximadamente en 30 minutos).

8.2.3 Colocar el matraz colector del destilado en forma tal que el tubo de vidrio de descarga conectado al condensador quede sobre la boca del matraz libre del contacto con la solución de ácido sulfúrico 0.1N y se continua destilando aproximadamente cinco minutos con el objeto de llenar el tubo de descarga.

8.2.4 Se interrumpe el calentamiento, se retira el matraz colector y se titula con la solución de ácido sulfúrico 0.1N hasta que la solución vire a rosa.

## 9 CALCULOS

El nitrógeno total en por ciento se calcula con la siguiente fórmula:

$$N_t \text{ en } \% = \frac{(A.N_1 - B.N_2) \times 0.014 \times 100}{M}$$

Donde:

A = Volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado en la recolección del amoníaco destilado.

$N_1$  = Normalidad del ácido sulfúrico.

B = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la neutralización de la solución de ácido sulfúrico.

$N_2$  = Normalidad de la solución del hidróxido de sodio 0.1N

M = Masa de la muestra en g.

0.014 = Miliequivalente del nitrógeno.

100 = Para relacionar el nitrógeno a por ciento.

## 10 REPRODUCCION DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible en el resultado de pruebas efectuadas por duplicado, no debe exceder de 0.3% en caso contrario, se debe repetir la determinación.

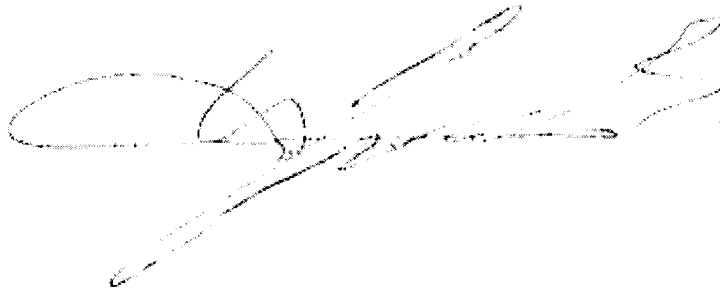
Para las cantidades de reactivos y muestras indicadas son de esperarse resultados que varían de 0.5 a 2.5% de nitrógeno total. En residuos sólidos, cuyo contenido de nitrógeno esperado sobrepase el rango mencionado debe variarse la cantidad indicada según convenga.



11 BIBLIOGRAFIA

- American Organization Agriculture Chemistry 1978
- National Formulary 1982
- Productos para uso agropecuario-Fertilizantes-Nitrógeno total-Método del salicílico. NMX-Y-107-1984.

México, D.F., 10 Diciembre 1984  
EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hector Bayardo Moreno', written in a cursive style.

LIC. HECTOR VICENTE BAYARDO MORENO.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
1/47

NMX-AA-051-SCFI-2001

CDU: 543.3.42  
CANCELA A LA  
NMX-AA-051-1981



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

**ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE METALES POR  
ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS NATURALES, POTABLES,  
RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA  
(CANCELA A LA NMX-AA-051-1981)**

**WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF METALS BY ATOMIC  
ABSORPTION IN NATURAL, DRINKING, WASTEWATERS AND  
WASTEWATERS TREATED - TEST METHOD**



## **0 INTRODUCCIÓN**

Los efectos de los metales que se encuentran en las aguas naturales, potables y residuales sobre la salud humana, pueden ir desde el intervalo de benéficos, causantes de problemas hasta tóxicos, esto es dependiendo de su concentración, por lo que su cuantificación en cuerpos de agua es importante. Algunos metales son esenciales, otros pueden afectar adversamente a los consumidores de agua, sistemas de tratamiento de aguas residuales y cuerpos receptores de agua.

## **1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma mexicana establece el método de espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de metales disueltos, totales, suspendidos y recuperables en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

## **2 REFERENCIAS**

Para la correcta aplicación de esta norma se debe consultar la siguiente norma mexicana vigente:

NMX-AA-003-1980                      Aguas residuales.- Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación en 25 de marzo de 1980.

## **3 PRINCIPIO DEL MÉTODO**

El método para la determinación de metales por espectrofotometría de absorción atómica en aguas naturales, potables y residuales se basa en la generación de

átomos en estado basal y en la medición de la cantidad de energía absorbida por estos, la cual es directamente proporcional a la concentración de ese elemento en la muestra analizada.

## **4 DEFINICIONES**

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

### **4.1 Aguas naturales**

Se define como agua natural el agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, residual y superficial.

### **4.2 Aguas residuales**

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

### **4.3 Aguas potables**

Para uso y consumo humano: Aquella que no contiene contaminantes objetables ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano.

### **4.4 Análisis de blanco analítico**

Es el someter una alícuota de agua reactivo a todo el proceso de análisis por el cual pasa una muestra real. Los laboratorios deben realizar los análisis de blancos para corregir la señal de fondo del sistema de medición. El análisis de blancos se



debe realizar en forma periódica o con cada lote de muestras según lo requiera el método.

#### 4.5 Bitácora

Cuaderno de laboratorio debidamente foliado e identificado, en el cual los analistas anotan todos los datos de los procedimientos que siguen en el análisis de una muestra, así como todas las informaciones pertinentes y relevantes a su trabajo en el laboratorio. Es a partir de dichas bitácoras que los inspectores pueden reconstruir el proceso de análisis de una muestra tiempo después de que se llevó a cabo.

#### 4.6 Blanco

Agua reactivo o matriz equivalente a la que no se le aplica ninguna parte del procedimiento analítico y sirve para evaluar la señal de fondo.

#### 4.7 Blanco analítico o de reactivos

Agua reactivo o matriz equivalente que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos disolventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra problema.

#### 4.8 Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.

#### 4.9 Descarga

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

#### 4.10 Desviación estándar experimental

Para una serie de  $n$  mediciones del mismo mensurando, es la magnitud  $s$  que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

donde:

$x_i$  es el resultado de la  $i$ -ésima medición, y  
 $\bar{x}$  es la media aritmética de los  $n$  resultados considerados.

#### 4.11 Disolución estándar

Disolución de concentración conocida preparada a partir de un patrón primario.

#### 4.12 Disolución madre

Corresponde a la disolución de máxima concentración en un análisis. Es a partir de esta disolución que se preparan las disoluciones de trabajo.



#### 4.13 Exactitud

Mide la concordancia entre el valor medido y el valor verdadero. El valor verdadero nunca se alcanza, y por lo tanto se usa como valor verdadero el valor generado por un material de referencia (consultar el apéndice normativo A).

#### 4.14 Material de referencia

Material o sustancia en el cual uno o más valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.

#### 4.15 Material de referencia certificado

Material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de las propiedades están certificados por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual se expresan los valores de la propiedad, y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

#### 4.16 Medición

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

#### 4.17 Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

#### 4.18 Metales disueltos



Aquellos metales en disolución en muestras no acidificadas o en estado coloidal que pasan a través de una membrana de poro de 0,45 micras.

#### 4.19 Metales suspendidos

Aquellos metales en estado suspendido los cuales son retenidos por una membrana de poro de 0,45  $\mu$ .

#### 4.20 Metales totales

Es la suma de las concentración de metales en ambas fracciones de una muestra, disueltos y suspendidos. Estos pueden ser determinados en una muestra sin filtrar que previamente ha sido digerida vigorosamente con ácido para solubilizar completamente a los metales a determinar.

#### 4.21 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.





#### 4.22 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

#### 4.23 Límite de cuantificación del instrumento

Concentración mínima del analito en una muestra y que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones de operación establecidas en el instrumento.

#### 4.24 Límite de detección del instrumento

Concentración mínima del analito en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones de operación establecidas en el instrumento.

#### 4.25 Límite de cuantificación del método (LCM)

Es la menor concentración de un analito o sustancia en una muestra que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.

#### 4.26 Límite de detección del método (LDM)

Es la mínima concentración de un analito o sustancia en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.

#### 4.27 Límite máximo permisible

Valor o intervalo expresado en unidades de concentración, cantidad de materia o unidades específicas, asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales. Estos valores están consignados en los criterios ecológicos para uso o aprovechamiento del agua.

#### 4.28 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

#### 4.29 Patrón (de medición)

Material de referencia, instrumento de medición, medida materializada o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

#### 4.30 Patrón nacional (de medición)

Patrón reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

#### 4.31 Patrón primario

Patrón que es designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.

#### 4.32 Patrón secundario

Patrón cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

#### 4.33 Patrón de referencia

Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

#### 4.34 Patrón de trabajo

Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

#### 4.35 Precisión

Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento analítico se aplica repetidamente a diferentes alícuotas o porciones de una muestra homogénea. Usualmente se expresa en términos del intervalo de confianza o incertidumbre:

$$x = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde:

- $\bar{x}$  es la media calculada a partir de un mínimo de tres mediciones independientes;
- $t_{\alpha/2}$  es el valor de la  $t$  de Student para un nivel de significancia del 95 %;
- $s$  es la desviación estándar de la muestra;
- $n$  es el número de réplicas, y
- $x$  es el resultado que incluye el intervalo de confianza.

#### 4.36 Trazabilidad

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

#### 4.37 Verificación de la calibración

Una verificación periódica de que no han cambiado las condiciones del instrumento en una forma significativa.

### 5 EQUIPO Y MATERIALES

Sólo se mencionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

- 5.1 Equipo
  - 5.1.1 Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.
  - 5.1.2 Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA). Con haz sencillo o doble, monocromador, detector, fotomultiplicador ajustable al ancho de banda espectral, intervalo de longitud de onda que contenga las longitudes de los analitos a analizar y provisto de una interfase con registrador o un adecuado sistema de datos.
  - 5.1.3 Generador de hidruros.
  - 5.1.4 Vapor frío.
  - 5.1.5 Horno de grafito. Equipo capaz de programar las temperaturas, tiempos y flujos de gas inerte y alterno en los pasos para atomizar la muestra, debe contar con un sistema de enfriamiento para controlar la temperatura del horno.
  - 5.1.6 Lámparas de: Aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, iridio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, litio, níquel, oro, osmio, plata, platino, plomo, potasio, podio, rubidio, selenio, silicio, sodio, titanio, vanadio, zinc (además de otros elementos de interés en el análisis de aguas).
  - 5.1.7 Horno de microondas, y/o autoclave, y/o placa de calentamiento.
  - 5.1.8 Quemadores de 10 cm de 1 ranura, de 10 cm de 3 ranuras y para óxido nitroso de 5 cm o los recomendados por el fabricante del equipo.
  - 5.1.9 Celda de cuarzo cilíndrica para el generador de hidruros o la recomendada por el fabricante del equipo.

## 5.2 Materiales

Todo el material volumétrico utilizado en este método debe ser de clase A con certificado y/o en su caso debe estar calibrado.

### Limpieza del material.

- 5.2.1 Todo el material usado en esta determinación debe ser exclusivo para este procedimiento. Para el lavado del material remojar durante 1 h en una disolución de ácido nítrico al 10 % y enjuagar con agua. Los detergentes con base de amoníaco no deben usarse para la limpieza del material. Su uso debe restringirse dentro del laboratorio.
- 5.2.2 Los contenedores de las muestras deben lavarse con disolución de detergente no iónico, libre de metales, enjuagarse con agua, remojar en ácido toda la noche y volver a enjuagarse con agua libre de metales y dejar secar (con cuidado especial para el análisis de trazas).
- 5.2.3 En los casos de que se presenten adherencias en el material debe dejarse remojando de 12 h a 24 h con  $\text{HNO}_3$  (1:5),  $\text{HCl}$  (1:5) o con agua regia (3 partes de  $\text{HCl}$  concentrado + 1 parte de  $\text{HNO}_3$  concentrado) a  $70^\circ\text{C}$ , después debe ser enjuagado con agua libre de metales.
- 5.2.4 En los casos de que el material presente grasas, enjuagar con acetona y/o hexano.
- 5.2.5 Papel filtro número 40 (o equivalente).
- 5.2.6 Pipetas volumétricas tipo A o micropipetas calibradas.
- 5.2.7 Cajas de petri.
- 5.2.8 Tubos de grafito y accesorios (específicos para el horno de grafito utilizado).

5.2.9 Material de consumo que necesite el espectrofotómetro en flama y/o horno y/o generador de hidruros y/o vapor frío.

5.2.10 Membranas de filtración de 0,45 micras.

## 6 REACTIVOS Y PATRONES

Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo, para las determinaciones que se realicen en horno de grafito deben ser grado suprapuro o equivalente (no se mencionan todos los reactivos utilizados para eliminar interferencias y para características específicas de cada técnica).

Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características:

	Agua Tipo I	Agua Tipo II
Resistividad (megohm -cm a 25°C)	18	>10
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)	$\leq 0,06$	< 0,1
<b>NOTA.-</b> Consultar el apéndice normativo B.		

6.1 Ácido clorhídrico concentrado (HCl)

6.2 Ácido nítrico concentrado ( $\text{HNO}_3$ )

6.3 Ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

- 6.4 Disolución de borohidruro de sodio ( $\text{NaBH}_4$ ) en hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) a la concentración especificada por el fabricante del equipo. Esta disolución debe prepararse justo antes de realizar el análisis.
  - 6.5 Aire comprimido libre de agua y aceite
  - 6.6 Acetileno grado absorción atómica
  - 6.7 Argón grado alta pureza o absorción atómica
  - 6.8 Nitrógeno grado alta pureza o absorción atómica
  - 6.9 Óxido nitroso grado alta pureza o absorción atómica
  - 6.10 Disolución patrón (certificada y/o preparada en el laboratorio 1 g/L ó 1 g/Kg) de: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, iridio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, litio, níquel, oro, osmio, plata, platino, plomo, potasio, rodio, rubidio, selenio, sílice, sodio, titanio, vanadio, zinc (además de otros elementos de interés en el análisis de aguas).
- NOTA.- Consultar el apéndice normativo C.
- 6.11 Disolución patrón intermedia: Preparar las disoluciones patrón de acuerdo al método tomando una alícuota adecuada de la disolución patrón certificada.
  - 6.12 Disoluciones patrón: Demostrar el intervalo lineal con un mínimo de 4 disoluciones y un blanco que estén dentro del intervalo de trabajo.
  - 6.13 Disolución patrón para la matriz adicionada: La concentración depende del metal a analizar y de la técnica utilizada, se debe preparar a partir de la disolución patrón intermedia.





## 7 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

### 7.1 Recolección

Debe tomarse un mínimo de 500 mL de muestra para metales genéricos en su mayoría, en un envase de polietileno o polipropileno. Para la determinación de mercurio, arsénico o selenio se necesitan 250 mL en envases separados llenando hasta el tope.

### 7.2 Tratamiento en campo y/o laboratorio

Para la determinación de metales disueltos y/o suspendidos, tanto la muestra como los blancos deben filtrarse a través de una membrana de poro de 0,45 micras, previamente lavada con una disolución de ácido nítrico (1 %) y enjuagando con agua tipo I antes de utilizarse.

### 7.3 Preservación de la muestra

Las muestras y los blancos de campo deben preservarse añadiendo ácido nítrico concentrado hasta obtener un  $\text{pH} < 2$ . Todas las muestras deben refrigerarse a 4°C hasta su análisis.

Para análisis de metales a nivel de trazas en aguas naturales deben preservarse con ácido nítrico grado suprapuro o equivalente.

### 7.4 El tiempo máximo previo al análisis es de 6 meses. Para mercurio es de 28 días.



## 8 CONTROL DE CALIDAD

8.1 Cada laboratorio que utilice este método debe operar un programa de control de calidad (CC) formal.

8.2 El laboratorio debe mantener los siguientes registros:

- Los nombres y títulos de los analistas que ejecutaron los análisis y el encargado de control de calidad que verificó los análisis, y
- Las bitácoras manuscritas del analista y del equipo en los que se contengan los siguientes datos:
  - a) Identificación de la muestra;
  - b) Fecha del análisis;
  - c) Procedimiento cronológico utilizado;
  - d) Cantidad de muestra utilizada;
  - e) Número de muestras de control de calidad analizadas;
  - f) Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición;
  - g) Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados, y
  - h) Además el laboratorio debe mantener la información original reportada por los equipos en disquetes o en otros respaldos de información,

De tal forma que permita a un evaluador externo reconstruir cada determinación mediante el seguimiento de la información desde la recepción de la muestra hasta el resultado final.

8.3 Cada vez que se adquiera nuevo material volumétrico debe de realizarse la verificación de la calibración de éste tomando una muestra representativa del lote adquirido.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

## 9 CALIBRACIÓN

- 9.1 Se debe de contar con la calibración del material volumétrico involucrado en el método.
- 9.2 Verificación de la calibración de la balanza analítica.
- 9.3 Verificación del espectrofotómetro de absorción atómica: La verificación debe realizarse cada vez que se utilice el espectrofotómetro.
- 9.3.1 Aspiración directa (aire-acetileno y/o óxido nitroso-acetileno):

Este método es aplicable para la determinación de antimonio, bismuto, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, cobre, estroncio, estaño, fierro, iridio, litio, magnesio, manganeso, níquel, oro, paladio, plata, platino, plomo, potasio, rodio, sodio, talio, y zinc (además de otros elementos de interés en el análisis de aguas).

- 9.3.1.1 Encender el equipo y conectar la lámpara para el metal que se va a determinar.
- 9.3.1.2 Alinear la lámpara hasta obtener la máxima energía.
- 9.3.1.3 Seleccionar el ancho de banda espectral óptimo, el cual depende de cada elemento en particular.
- 9.3.1.4 Seleccionar la longitud de onda para el metal de interés de acuerdo al protocolo del laboratorio o del manual del fabricante.
- 9.3.1.5 Optimizar la longitud de onda ajustándola hasta obtener la máxima energía.
- 9.3.1.6 Esperar de 10 min a 20 min para que se estabilice el equipo, una vez encendida la lámpara.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
19/47

- 9.3.1.7 Ajustar las condiciones de la flama aire-acetileno de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Encender la flama. Permitir que el sistema alcance el equilibrio de temperatura.
- 9.3.1.8 Aspirar un blanco (matriz libre de analitos a la cual se le agregan todos los reactivos en los mismos volúmenes y proporciones usadas en el procesamiento de la muestra).
- 9.3.1.9 Aspirar una disolución estándar del metal a analizar, ajustar la velocidad de flujo del nebulizador hasta obtener la máxima sensibilidad, así como ajustar el quemador horizontal y verticalmente hasta obtener la máxima respuesta.
- 9.3.1.10 Realizar la curva de calibración con un mínimo de cuatro concentraciones y un blanco de reactivos en el intervalo lineal demostrado para cada elemento (ver inciso 6.12). El primer punto debe ser igual o mayor al límite de cuantificación, y el último debe estar dentro del intervalo lineal).

### 9.3.2 Generador de hidruros

Este método es aplicable para la determinación de antimonio, arsénico, mercurio, selenio, etc.

- 9.3.2.1 Instalar la lámpara adecuada, colocar la corriente de la lámpara dependiendo del metal a analizar.
- 9.3.2.2 Encender el espectrofotómetro y esperar a que se estabilice.
- 9.3.2.3 Seleccionar la longitud de onda y el ancho de banda espectral para el elemento que va a ser determinado de acuerdo al protocolo del laboratorio o del manual del fabricante.
- 9.3.2.4 Alinear la lámpara a su máxima energía.
- 9.3.2.5 Alinear el accesorio que se va a usar para atomizar la muestra.

- 9.3.2.6 Ajustar el rayo de luz de la lámpara de acuerdo con las especificaciones del fabricante del equipo.
- 9.3.2.7 Ajustar los flujos de gas de aire y acetileno. Este ajuste no se requiere para la determinación de mercurio.
- 9.3.2.8 Alinear la celda de cuarzo en el rayo de luz y esperar de 20 min a 30 min para su estabilización en la flama antes de iniciar el análisis; en este período, preparar las disoluciones estándar y los reactivos.
- 9.3.2.9 Colocar en el recipiente del reductor una disolución de borohidruro de sodio en hidróxido de sodio y conectar el recipiente al sistema según las especificaciones del fabricante del equipo.
- 9.3.2.10 Abrir el suministro de gas inerte y ajustar la presión de acuerdo a las especificaciones del fabricante del equipo.
- 9.3.2.11 Conectar el vaso de reacción al sistema generador y esperar el tiempo suficiente para que todo el aire se purgue del sistema, entonces registrar el cero en el espectrofotómetro (autocero).
- 9.3.2.12 Conectar el vaso de reacción que contiene el blanco de reactivos.
- 9.3.2.13 Purgar el sistema hasta eliminar completamente el aire, permitir la entrada de la disolución de borohidruro de sodio (ver inciso 6.4) hasta obtener la lectura del blanco.
- 9.3.2.14 Limpiar el sistema haciendo pasar agua o ácido clorhídrico diluido.
- 9.3.2.15 Realizar la curva de calibración con un mínimo de cuatro concentraciones y un blanco de reactivos en el intervalo lineal demostrado para cada elemento. El primer punto deberá ser igual o mayor al límite de cuantificación, y el último deberá estar dentro del intervalo lineal.



### 9.3.3 Horno de grafito.

Este método es aplicable para metales, donde se requiere límites de detección más bajos.

- 9.3.3.1 Establecer la corriente de la lámpara para cada metal y proceder de acuerdo a lo indicado en el inciso 9.3.1.6.
- 9.3.3.2 Seleccionar el ancho de banda espectral óptimo, el cual depende de cada elemento en particular.
- 9.3.3.3 Colocar la longitud de onda en el espectrofotómetro para cada metal de interés de acuerdo al protocolo del laboratorio o del manual del fabricante.
- 9.3.3.4 Alinear el tubo de grafito de acuerdo a las indicaciones del fabricante del equipo.
- 9.3.3.5 Programar el flujo de gas inerte, gas alterno y de agua de enfriamiento de acuerdo a lo especificado por el fabricante.
- 9.3.3.6 Seleccionar el programa para cada uno de los metales con las sugerencias recomendadas por el fabricante del equipo.
- 9.3.3.7 Inyectar la cantidad de muestra especificada por el fabricante en el tubo de grafito.
- 9.3.3.8 Realizar la curva de calibración con un mínimo de cuatro concentraciones y un blanco de reactivos en el intervalo lineal demostrado para cada elemento. El primer punto debe ser igual o mayor al límite de cuantificación, y el último debe estar dentro del intervalo lineal.

## 10 PROCEDIMIENTO

- 10.1 Realizar tres lecturas independientes (por lo menos) para cada muestra, blanco, patrón, etc.

Las muestras de aguas residuales, requieren en general, un tratamiento previo antes del análisis. Los metales totales incluyen las combinaciones de carácter orgánico e inorgánico, tanto disueltos como en partículas. Las muestras incoloras, transparentes con una turbiedad < 1 UNT, pueden analizarse directamente sin digestión. En caso de agua potable habrá que concentrar para algunos metales.

- 10.2 Preparación de la muestra para determinación de metales disueltos y suspendidos.

10.2.1 Para la determinación de metales disueltos, la muestra debe filtrarse en el momento de su colección y/o en el laboratorio a través de una membrana de poro de 0,45 micras. Hacer un blanco utilizando una membrana similar, lavada con agua para asegurarse que está libre de contaminación. Preacondicionar la membrana\_ enjuagándola con ácido nítrico (1 %) y dándole un enjuague con agua tipo I antes de utilizarla.

10.2.2 Para la muestra de metales suspendidos, registrar el volumen de muestra filtrada e incluir una membrana en la determinación del blanco. Antes de filtrar, centrifugar las muestras con un alto contenido de turbiedad en tubos de plástico de alta densidad o TFE lavados con ácido. Agitar y filtrar a una presión de 70 Kpa a 130 Kpa.

10.2.3 Después de la filtración, acidificar el filtrado a un pH de 2 con ácido nítrico concentrado y analizar directamente.

10.2.4 La membrana para análisis de metales suspendidos debe guardarse en una caja de petri lavada, enjuagada con disolución ácida y seca, si la filtración se realiza en campo.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
23/47

- 10.2.5 Si durante el traslado de la muestra o durante el almacenamiento se forma un precipitado, éste debe redisolverse.
- 10.2.6 Para la digestión de la muestra en parrilla de calentamiento y en vaso abierto transferir la membrana a un vaso de precipitados de 150 mL y añadir 4 mL de ácido nítrico concentrado. Incluir un filtro para la determinación del blanco. Cubrir con vidrio de reloj y calentar. El ácido caliente disuelve la membrana rápidamente. Incrementar la temperatura para la digestión del material.
- 10.2.7 Calentar casi a sequedad evitando que hierva la muestra, enfriar y lavar el vidrio de reloj con agua y añadir otros 3 mL de ácido nítrico concentrado. Cubrir y continuar calentando hasta digestión completa, generalmente es cuando adquiere una apariencia cristalina o no cambia con la adición del ácido.
- 10.2.8 Evaporar casi a sequedad (aproximadamente 2 mL), enfriar y lavar el vidrio de reloj con agua, añadir 10 mL de ácido clorhídrico (1:1) y 15 mL de agua por cada 100 mL de dilución y calentar por otros 15 min para redissolver precipitados que se hallan formado. Los incisos 10.2.6, 10.2.7 y 10.2.8 pueden variar si se utilizan otras fuentes de energía (autoclaves u hornos de microondas).
- 10.2.9 Enfriar, lavar las paredes del vaso y vidrio reloj con agua y filtrar para remover el material insoluble que pueda tapar el nebulizador. Ajustar el volumen basado en la concentración esperada de los analitos. La muestra está lista para su análisis.
- 10.3 Preparación de la muestra para la determinación de metales totales por digestión en parrilla de calentamiento y en vaso abierto en aguas naturales, potables y residuales.
- 10.3.1 Homogeneizar perfectamente la muestra, verificando que no existan sólidos adheridos en el fondo del contenedor. Inmediatamente después



tomar una alícuota de 50 mL a 100 mL dependiendo de la naturaleza de la muestra, y transferir a un vaso de precipitados para digestión.

- 10.3.2 Añadir 3 mL de ácido nítrico concentrado y calentar en una placa, evaporar, cuidando que no hierva, hasta aproximadamente de 2 mL a 5 mL de muestra y enfriar.
- 10.3.3 Adicionar 5 mL de ácido nítrico concentrado, cubrir con un vidrio de reloj y pasar nuevamente la muestra a la placa de calentamiento. Incrementar la temperatura de calentamiento hasta que exista reflujo de vapores. Continuar calentando y en caso de ser necesario, agregar mayor cantidad de ácido nítrico concentrado y continuar la digestión.

Cuando la digestión es completa (cuando la muestra tenga apariencia cristalina constante) retirar la muestra y enfriar.

La digestión puede realizarse en placa térmica y en recipientes de teflón cerrados usando como fuente de energía autoclave u horno de microondas.

NOTA.- Consultar el apéndice normativo E.

- 10.3.4 Por cada 100 mL de volumen de disolución final adicionar 10 mL de ácido clorhídrico (1:1) y 15 mL de agua, calentar la muestra sin llegar a ebullición por espacio de 15 min para disolver precipitados o residuos resultantes de la evaporación y llevar al aforo correspondiente (de 50 mL a 100 mL).

Enfriar, lavar las paredes del vaso y vidrio de reloj con agua y filtrar para remover el material insoluble que pueda tapar el nebulizador. Ajustar el volumen basado en la concentración esperada de los analitos. La muestra está lista para su análisis. Las concentraciones deben reportarse como metales totales.

Este procedimiento puede variar en la determinación de arsénico, antimonio, mercurio y selenio entre otros.

- 10.4 Análisis por aspiración directa.
  - 10.4.1 Calibrar el espectrofotómetro de absorción atómica de acuerdo a lo indicado en el inciso 9.3 o manual del fabricante.
  - 10.4.2 Obtener una gráfica con los valores de la curva de calibración y realizar los cálculos cuantitativos. Analizar el lote de muestras.
  - 10.4.3 Análisis de metales en aguas a nivel de trazas por aspiración directa puede hacerse por extracción con solvente (MIBK).

NOTA.- Consultar el apéndice normativo F.

- 10.5 Análisis por horno de grafito.
  - 10.5.1 Calibrar el espectrofotómetro de absorción atómica, con el aditamento horno de grafito de acuerdo a lo indicado en el inciso 9.3.3 o manual del fabricante.

Inyectar la cantidad recomendada por el fabricante en el tubo de grafito del blanco de reactivos y la disolución de trabajo más concentrada para optimizar el programa del horno.

- 10.5.2 Obtener una gráfica con los valores de la curva de calibración y realizar los cálculos cuantitativos.
- 10.5.3 Analizar el lote de muestras.

10.6 Análisis por generador de hidruros.

En forma directa para aguas naturales y potables (transparentes) y/o después de previa digestión para aguas residuales.

- 10.6.1 Calibrar el espectrofotómetro de absorción atómica con el aditamento generador de hidruros de acuerdo a lo indicado en el inciso 9.3.2. o manual del fabricante.
- 10.6.2 Obtener una gráfica con los valores de la curva de calibración y realizar los cálculos cuantitativos.
- 10.6.3 Analizar el lote de muestras.

10.7 Análisis por vapor frío.

Para análisis con cloruro estañoso

- 10.7.1 Calibrar el espectrofotómetro de absorción atómica con el aditamento para vapor frío (ver incisos 9.3.2.6 y 9.3.2.15).
- 10.7.2 Estándares, blanco y muestras deben ser tratados con ácido nítrico y ácido sulfúrico en presencia de permanganato de potasio para oxidar todo el mercurio presente a forma de  $Hg^{2+}$

El exceso de permanganato de potasio es reducido con cloruro de hidroxilamina.

El mercurio metálico se reduce con cloruro estanoso y el vapor atómico del mercurio es llevado por medio del sistema aereador a la celda de absorción para ser detectado.

Para el análisis con boro hidruro de sodio.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
27/47

Los estándares, blanco y muestras, más un oxidante se conectan al sistema de vapor frío para ser detectados, ver manual de fabricante.

NOTA.- Consultar el apéndice normativo G.

10.7.3 Obtener una gráfica con los valores de la curva de calibración y realizar los cálculos cuantitativos.

10.7.4 Analizar el lote de muestras.

## 11 CÁLCULOS

11.1 Realizar las gráficas de las curvas de calibración de cada uno de los metales de acuerdo a las concentraciones esperadas de la muestra.

11.2 Calcular la concentración de la muestra por medio de la ecuación de la recta que se obtiene de las curvas de calibración para cada metal empleando la siguiente ecuación:

Ecuación 1:

$$Y = mX + b$$

donde:

Y es la absorbancia de la muestra ya procesada;  
m es la pendiente (coeficiente de absortividad), y  
b es la ordenada al origen.



despejar X que debe ser la concentración de la muestra procesada y tomar en cuenta los factores de dilución que se realicen en cada uno de los metales según la técnica utilizada, y se debe obtener la concentración del metal en la muestra.

- 11.3 Si se trabaja con el método de adición de estándares, obtener la gráfica, el coeficiente de correlación y el valor de la muestra sin añadir.
- 11.4 Reporte de resultados:
  - 11.4.1 No se deben reportar concentraciones de elementos por debajo del límite de detección.
  - 11.4.2 Reportar los resultados del análisis en mg/L.

## 12 INTERFERENCIAS

Las que a continuación se informan son de las interferencias más comunes.

- 12.1 Aspiración directa
  - 12.1.1 Interferencias químicas. Son causadas por la pérdida de absorción por saltos cuánticos de átomos en combinaciones moleculares en la flama. Este fenómeno puede ocurrir cuando la flama no está lo suficientemente caliente para disociar la molécula. La adición de lantano o estroncio a blancos, muestra y estándares disminuye esta interferencia así como la flama  $\text{NO}_2/\text{C}_2\text{H}_2$  ayuda a la disociación efectiva de las moléculas.
  - 12.1.2 Interferencia de absorción no específica (fondo). La absorción molecular y la dispersión de la luz causadas por partículas sólidas en la flama pueden causar errores positivos. Para evitar este problema se debe utilizar corrección de fondo. Estos sólidos además de presentar una barrera física al paso de la luz de la lámpara en la flama, forman

depósitos en la cabeza del quemador, sin embargo esto se puede evitar aspirando continuamente agua acidulada.

- 12.1.3 Interferencias de ionización. Ocurren cuando la temperatura de la flama es lo suficientemente alta para generar la remoción de un electrón de su átomo neutral, generándose un ion con carga positiva. Este tipo de interferencias pueden controlarse generalmente con la adición de elementos fácilmente ionizables tales como Na, K y Cs en blancos, muestras y estándares.
  - 12.1.4 Interferencia físicas. Están relacionadas con las diferentes propiedades existentes entre las muestras y los estándares. Las cuales pueden afectar a la aspiración y eficiencia de nebulización en el sistema de atomización. Si las soluciones presentan diferencias de viscosidad y/o tensión superficial, la eficiencia de nebulización no será igual y los resultados analíticos se ven afectados. La presencia de otros compuestos además del elemento de interés pueden afectar a los resultados analíticos. Estas interferencias pueden ser corregidas utilizando el método de adición interna (adición de estándares).
  - 12.1.5 Para las interferencias específicas de cada elemento en el análisis de metales por flama se recomienda ver manual del fabricante.
- NOTA.- Para los elementos que presenten interferencias significativas en ciertas matrices se recomienda el uso de la técnica de adición de estándares.
- 12.2 Atomización sin flama (horno de grafito)
    - 12.2.1 Interferencias químicas (ver inciso 12.1.1). Este tipo de interferencias en horno de grafito por lo general se elimina con el adecuado desarrollo del programa de atomización, utilizando plataformas o adicionando modificadores de matriz tal como Pd, Ni, etc.
    - 12.2.2 Interferencias de absorción no específica (fondo) (ver inciso 12.1.2). Este tipo de interferencias pueden ser corregidas en horno de grafito

con el uso de corrector de fondo: lámpara de Deuterio (fuente continua); por efecto Zeeman o Smith-Hieftje.

- 12.2.3 Interferencias espectrales. Son causadas por algún elemento debido al traslape entre la longitud de onda de este elemento que esta interfiriendo y la del analito de interés. También son causadas por la radiación, absorción, reflexión y emisión de cuerpos opacos producidos durante el ciclo de atomización. Este tipo de interferencias es poco comunes en la técnica de absorción atómica, pero en caso de presentarse, las formas de superarlas es utilizando lámparas de un solo elemento (no multielementales) y/o utilizando la técnica de adición de estándares.
- 12.2.4 Interferencias por incandescencia. Estas se presentan por saturación del detector de la señal de emisión proveniente de la incandescencia del tubo de grafito, especialmente a longitudes de onda alrededor de 500 nm y a temperaturas de atomización mayores de 2,500°C. Este tipo de interferencias se pueden corregir utilizando anchos de ranura (slit en inglés) con altura reducida.
- 12.2.5 Interferencias de memoria. Se presentan cuando se analizan muestras con concentraciones altas de un elemento, produciendo señales falsas en las lecturas siguientes por acumulación del mismo dentro del tubo de grafito. Este tipo de interferencias puede eliminarse asignando temperaturas de limpieza (100°C a 200°C después de la temperatura de atomización) o utilizando tubos con cubierta pirolítica.
- 12.2.6 Para las interferencias específicas de cada elemento en el análisis de metales por horno de grafito se recomienda ver manual del fabricante.
- NOTA.- Para el adecuado uso de los modificadores, plataformas y corrector de fondo, es necesario consultar la información proporcionada por el proveedor del instrumento.

Para los elementos que presenten interferencias significativas se recomienda el uso de la técnica de adición de estándares.

### 12.3 Generador de hidruros

12.3.1 Las interferencias en generador de hidruros se presentan por presencia de otros elementos o moléculas presentes en la muestra. Los efectos se ven reflejados en una disminución de la cantidad de hidruro formado y por lo tanto en una disminución de la señal analítica. La forma de eliminar este tipo de interferencias es modificando la concentración del ácido y/o del borohidruro de sodio.

12.3.2 Para las interferencias específicas de cada elemento en el análisis de metales por generador de hidruros se recomienda ver manual del fabricante

## 13 SEGURIDAD

13.1 Para el muestreo se necesita tener los cuidados que se establecen en la norma mexicana NMX-AA-003 (ver 2 Referencias).

13.2 No se ha determinado la carcinogenicidad de todos los reactivos con precisión, por lo que cada sustancia química debe tratarse como potencialmente peligrosa para la salud. La exposición a estas sustancias debe reducirse al menor nivel posible.

13.3 Este método puede no mencionar todas las normas de seguridad asociadas con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de las normas de seguridad respecto a la exposición y manejo seguro de las sustancias químicas especificadas en éste método. Debe tenerse un archivo de referencia de las hojas de información de seguridad el cual debe estar disponible a todo el personal involucrado en estos análisis.

13.4 El borohidruro de sodio es una sustancia tóxica, flamable y corrosiva.





SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
32/47

- 13.5 Se requiere el uso de una campana de extracción, ropa de protección, lentes de seguridad y mascarilla cuando se preparan las soluciones donde las reacciones entre el disolvente y el soluto son exotérmicas, esto es, óxido de lantano en solución ácida. Se requieren iguales precauciones cuando se diluyen, ácidos fuertes, debe evitarse el contacto con la piel y vías respiratorias.
- 13.6 Se requiere de un sistema de ventilación permanente para eliminar una gran cantidad de gases calientes y algunas veces tóxicos producidos por el quemador durante la operación del instrumento. Como el acetileno es un gas flamable deberán tomarse las precauciones adecuadas cuando se use. Para evitar explosiones nunca pase el acetileno a través de instalaciones o tuberías de cobre o aleaciones con alto contenido de cobre (latón, bronce). Si el espectrofotómetro no está equipado con un escudo protector, el operador deberá usar lentes de seguridad para atenuar la luz ultravioleta emitida por la flama. El óxido nitroso es un gas que se usa como anestésico, por lo que el lugar debe estar bien ventilado.
- 13.7 Los gases oxidantes deben separarse de los gases reductores mediante una pared a prueba de fuego.
- 13.8 Seguir cuidadosamente las guías de operación del fabricante del equipo para optimizar la velocidad del flujo de gas. Si no se emplean las precauciones adecuadas, puede resultar una combustión peligrosa dentro de la cámara de mezcla de los gases.
- 13.9 Para evitar explosiones en la línea, no permitir que la presión de llegada del acetileno al instrumento exceda  $1,06 \text{ kg/cm}^2$  (15 psi).
- 13.10 Cuando se usa óxido nitroso como oxidante, debe utilizarse una cabeza de quemador de 50,8 mm de diámetro, ya que utilizando una cabeza de 101,6 mm (4-in) ocurre un regreso de la flama. La flama de óxido nitroso debe encenderse usando primero una combinación de aire-acetileno y luego cambiar a óxido nitroso-acetileno. El óxido nitroso

nunca debe pasarse a través de líneas que contengan residuos de aceites o grasas, ya que puede causar una explosión.

- 13.11 Revisar que el tubo del desagüe de la cámara de mezcla de gas esté lleno con agua antes de comenzar cualquier análisis. Se recomienda el uso de una trampa de seguridad o de cualquier válvula. Siga las instrucciones del fabricante para mantener una presión positiva en el sello del líquido.
- 13.12 Dada la alta toxicidad del berilio, plomo, cadmio, níquel, mercurio, antimonio, plata, bario, cromo, así como todos los pasos de preparación y digestión de las muestras, extremar las precauciones de manejo de todas las disoluciones y utilizar un cuarto bien ventilado.
- 13.13 El arsénico, el selenio y sus correspondientes hidruros son tóxicos. Manéjese con cuidado.
- 13.14 Los compuestos del antimonio son irritantes para la piel y las membranas de las mucosas.
- 13.15 La inhalación de los vapores de manganeso han sido reportados como tóxicos para el ser humano.
  
- 14 **MANEJO DE RESIDUOS**
  - 14.1 Es la responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referentes al manejo de residuos, particularmente las reglas de identificación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

- 14.2 Cada laboratorio debe contemplar dentro de su programa de control de calidad (CC) el destino final de los residuos generados durante la determinación.
- 14.3 Confinamiento. El laboratorio debe contar con áreas especiales, que tengan señalamientos adecuados, para almacenar temporalmente las soluciones contaminadas con metales pesados.
- 14.4 Los desechos ácidos deben neutralizarse para poder transportarlos a su disposición final.
- 14.5 Todas las muestras que cumplan con la norma de descarga al alcantarillado pueden descargarse en el mismo.

## 15 APÉNDICES NORMATIVOS

### 15.1 Apéndice normativo A - Definiciones estadísticas

#### - Introducción

En la cuantificación de elementos en matrices de aguas naturales, potables y residuales, es de suma importancia que la curva de calibración sea confiable con respecto al intervalo que puede utilizar para cuantificar concentraciones desconocidas de patrones y muestras. El siguiente instructivo de trabajo tiene por finalidad determinar este intervalo con patrones y con muestras y patrones.

1. Según la definición del Límite de Detección del Instrumento (LDI) y Límite de Cuantificación del Instrumento (LCI).

$$Y_{LDI} = Y_B + 3S_B$$

$$Y_{LCI} = Y_B + 10S_B$$

2. Obtención de los valores de absorbancia  $Y_{i,n}$  de los puntos de la curva de calibración, donde el número de estándares (i), podrán estar en el intervalo ( $5 \leq i \leq 10$ ) y el número de réplicas (n) pueden estar entre ( $7 \leq n \leq 10$ ) para flama y ( $3 \leq n \leq 5$ ) para horno y generador de hidruros y vapores.

De cada serie de datos se obtiene la desviación estándar ( $S_i$ ) y el promedio de la absorbancia ( $\bar{Y}_i$ ), con éstos dos últimos se calcula el coeficiente de variación ( $CV_i$ ).

3. Comprobación visual de la linealidad entre las absorbancia promedio ( $Y_i$ ) y la concentración graficando  $\bar{Y}_i$  vs  $X_i$
4. Determinar el coeficiente de correlación lineal.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$



Si  $r \geq 0,99$  se acepta. Si no se rechaza y regresamos al punto 2.

5. Si se cumplen las condiciones (3) y (4), se calcula la pendiente (b) y el punto de intersección (a) de la recta en el eje Y, por medio del método de los mínimos cuadrados:

$$y = a + b x$$

6. Calculo de las desviaciones  $S_{y/x}$  entre los valores calculados por medio de la línea recta ( $\hat{Y}_i$ ) y los valores experimentales ( $\bar{Y}_i$ ).
- 6.1 Calcular los valores de la absorbancia ( $\hat{Y}_i$ ) sustituyendo en la línea recta las concentraciones ( $X_i$ ):

$$x_1 \rightarrow \hat{y}_1, x_2 \rightarrow \hat{y}_2, x_3 \rightarrow \hat{y}_3, \dots, x_i \rightarrow \hat{y}_i$$

- 6.2. Con los datos anteriores obtener  $S_{y/x}$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2}{(n-2)}}$$

- 6.3. Por definición  $S_{y/x}$  es igual a la desviación estándar del blanco ( $S_B$ ) y el término independiente de la línea recta ( $a$ ) es igual a la absorbancia del blanco ( $Y_B$ ).
7. Con los valores obtenidos calcular ( $Y_{LDI}$ ,  $Y_{LCI}$ ). Sustituyendo estos valores en la ecuación de la línea recta, calcular las concentraciones correspondientes:  $X_{LDI}$  y  $X_{LCI}$ . Con el valor  $X_{LCI}$  tenemos el primer punto confiable de la línea recta.
8. Obtención del Límite Superior de Linealidad (LSL) para esta serie de puntos. Comparar el coeficiente de variación ( $CV_i$ ), obtenido para cada punto aceptándolo si cumple con el criterio  $CV_i \leq 3\%$ . Si los puntos de concentraciones mas altas de la recta cumplen con este criterio se aceptan y tendremos el LSL de la curva.

Con el LCI y el LSL se obtiene el intervalo lineal confiable de la línea recta.

9. Disminución del Límite de Cuantificación del Instrumento (LCI).

En algunos casos se podrá hacer uso de la curva para cuantificar desde un valor inferior al obtenido, aplicando los puntos inferiores al LCI, el criterio de  $CV_i \leq 3\%$ , si se cumple con este criterio el punto LCI se podrá recorrer a concentraciones inferiores, ampliando el intervalo lineal hacia concentraciones más bajas.

10. Determinación de los Límites de Detección (LDM), Límites de Cuantificación (LCM) y límite superior de linealidad (LSLM) con la matriz de la muestra.

Se procede en forma similar a como se procedió en el punto 2, con la absorbancia de los patrones.

- a) Se elige una muestra con bajo contenido de metales < LCI.
  - b) Se añaden a la muestra de 5 a 10 concentraciones conocidas y se leen de 7 a 10 veces.
  - c) La absorbancia promedio de la muestra  $Y_{IM}$  se obtiene restando a la lectura de la muestra adicionada la lectura de la muestra sin adicionar, para cada adición.
  - d) De cada serie de replicas se obtiene la desviación estándar ( $S_{IM}$ ) el promedio de las réplicas  $\bar{Y}_{IM}$  y con estos valores se calcula el coeficiente de variación.
  - e) Comprobar la linealidad analizando las muestras
11. El resto de los cálculos se realiza siguiendo la secuencia de los incisos: 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9. Con esto se deben obtener los valores correspondientes al método.
12. Media ( $\bar{X}$ ).  $\bar{X}$  es la media de un número finito de mediciones repetidas ( $n < 30$ ). Es la estimación de la media ( $\mu$ ) o el promedio, de la distribución de valores aleatorios y se calcula como:

$$\bar{X} = \frac{(\sum X_i)}{n-1}$$

donde:

n es igual al número de mediciones.

13. Desviación estándar de la distribución normal, se define como:



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \mu)^2}{n}}$$

para un número infinito de determinaciones.

Para un número finito de determinaciones;  $\sigma$  se estima por medio de  $s$  y se calcula como:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

14. Amplitud de la dispersión de la distribución normal ( $\mu \pm i s$ ) y su probabilidad:

Probabilidad de la fracción de los valores-Intervalo de Confianza. ( $\bar{X} \pm S$  con  $n$ )

68,27 %	$\mu \pm \sigma$
95,45 %	$\mu \pm 2\sigma$
99,70 %	$\mu \pm 3\sigma$

15. Error estándar de la media ( $\sigma \mu$ )

Es la desviación estándar ( $\sigma$ ) dividida por la raíz cuadrada del número de valores,  
ó  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ .

Esto significa que otra muestra de la misma población tendrá una media dentro de algunos múltiplos de ésta. En la practica se dispone de un pequeño número de





valores promedio, por lo tanto el intervalo de confianza de la media se expresa como

$$\bar{x} \pm \frac{t_{0,95\%} S}{\sqrt{n}}$$

el valor de  $t_{95\%}$  se consulta en tablas para  $n$  determinaciones, donde  $n \geq 2$

16. Desviación estándar relativa (DER) o coeficiente de variación (CV).

Este se expresa comúnmente en porcentaje como:

$$CV = 100 \frac{\sigma}{\mu}$$

y su estimación como:

$$CV = 100 \frac{S}{\bar{X}}$$

Esta magnitud normaliza la desviación estándar y facilita el hacer comparaciones directas entre análisis que incluyen un amplio intervalo de concentración.

17. Límite de Detección (LD) para el elemento de interés. Es la cantidad de concentración de analito que proporciona una señal igual a la del blanco ( $Y_B$ ) mas tres veces la desviación estándar del blanco ( $S_B$ ).

$$Y_{LD} = Y_B + 3S_B$$

18. Límite de Cuantificación o Límite de Determinación (LC). Es considerado como el límite más bajo para mediciones cuantitativamente precisas y se sugiere que sea una señal igual a la del blanco ( $Y_B$ ) mas diez veces la desviación estándar del blanco ( $S_B$ ).

$$Y_{LC} = Y_B + 10 S_B$$

## 15.2 Apéndice normativo B - Agua Tipo I y Tipo II

El agua que se utiliza en la preparación de muestras y patrones debe cumplir con las siguientes características:

	Agua tipo I	Agua tipo II
Tipo de análisis	Concentración en trazas intermedia y alta	Concentración intermedia y alta
Resistividad (megohm-cm a 25°C)	18	>10
Conductividad ( $\mu S / cm$ a 25°C)	$\leq 0,06$	<0,1

En el análisis de trazas de metales en agua por horno de grafito las soluciones patrón deben ser preparadas con Agua Tipo I.

Para eliminar los iones de Hierro del agua se ajusta el pH entre 7 y 7,5 y se airea para pasar el hierro Fe II a Fe III y después filtrar por una membrana de 0,2 micras.

- Para eliminar el Silicio del agua se ajusta el pH entre 2 y 3 y se filtra por una membrana de 0,2 micras.

### 15.3 Apéndice normativo C - Preparación de soluciones patrón

Los patrones primarios pueden ser soluciones certificadas y/o preparadas en el laboratorio.

La preparación se podrá hacer a partir de tritrisoles, sales del elemento de interés o a partir de metales, siempre y cuando cumplan con las especificaciones de pureza.

Las sales deben ser certificadas por un organismo autorizado y tener una pureza del 99 % y los metales de 99,9 % como mínimo.

Deben ser conservados bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y medio oxidante que garantice sus características de pureza.

- Reactivos
  - a. Agua libre de metales Tipo I.
  - b. Los ácidos grado reactivo, suprapuro o equivalente siempre y cuando la concentración del elemento de interés se encuentre a nivel de trazas.
  - c. Solución de calcio. Disolver 630 mg de  $\text{CaCO}_3$ , en 50 ml de 1 + 5 HCl. Si es necesario, hervir cuidadosamente para obtener una completa disolución. Enfriar y diluir a 1 000 ml con agua.
  - d. Ácido clorhídrico, al 1 %, 10 %, 20 % (v/v), 1 + 5, 1 + 1 y concentrado.
  - e. Ácido nítrico, al 2 % (v/v), 1+1 y concentrado.
  - f. Ácido sulfúrico, al 1 % (v/v).

- g.* Ácido fluorhídrico, IN.
  - h.* Solución de lantano. Disolver 58,65 g de óxido de lantano,  $\text{La}_2\text{O}_3$ , en 250 ml de HCl concentrado. Adicionar lentamente el ácido, hasta la disolución total y diluir a 1 000 ml con agua.
  - i.* Peróxido de hidrógeno, al 30%.
  - j.* Agua regia. Adicionar tres volúmenes de HCl concentrado a un volumen de  $\text{HNO}_3$  concentrado.
- Soluciones patrón
  - Preparar una serie de soluciones patrón de metales, en la concentración y rango óptimos, por medio de la dilución adecuada de la siguiente solución stock de metales con agua conteniendo 1,5 ml de  $\text{HNO}_3/\text{L}$ .
  - Secar los reactivos antes de utilizarlos.
  - Para hidratos utilizar reactivos recientes.
- 1) Aluminio. Disolver 0,100 g de Aluminio metálico en una mezcla ácida de 4 mL de HCl 1 + 1 y 1 mL de  $\text{HNO}_3$  en un vaso de precipitados. Transferir a un matraz de 1 L, adicionar 10 mL de HCl 1 + 1 y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Al.
  - 2) Antimonio. Disolver 0,266 9 g  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  en agua, adicionar 10 mL + 1 HCl y diluir a 1 000 mL con agua, 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Sb.
  - 3) Bario. Disolver 0,151 6 g de  $\text{BaCl}_2$  (secar a  $250^\circ$  por 2 horas), en aproximadamente 10 mL de agua con 1 mL de HCl 1 + 1. Adicionar 10,0 mL de HCl 1 + 1 y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  de Ba.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
44/47

- 4) Berilio. No secarlo. Disolver 1,966 g de  $\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en agua, adicionar 10,0 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  de Be.
- 5) Bismuto. Disolver 0,100 g de Bismuto metálico en un volumen mínimo de 1 + 1  $\text{HNO}_3$ . Diluir a 1 000 mL con  $\text{HNO}_3$  al 2% (v/v), 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  de Bi.
- 6) Cadmio. Disolver 0,100 g de Cadmio metálico en 4 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado, adicionar 8 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua, 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  de Cd.
- 7) Calcio: Suspender 0,242 9 g de  $\text{CaCO}_3$  (secado a  $180^\circ$  por 1 h antes de pesarlo) en agua y disolver cuidadosamente con una mínima cantidad de 1 + 1  $\text{HNO}_3$ . Adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  de Ca.
- 8) Cesio. Disolver 0,126 7 de cloruro de cesio,  $\text{CsCl}$ , en 1 000 mL de agua; 1,00 mL =  $\mu\text{g}$  Cs.
- 9) Cromo. Disolver 0,192 3 g de  $\text{CrO}_3$  en agua. Cuando la disolución sea completa, acidificar con 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado, y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Cr.
- 10) Cobalto. Disolver 0,100 0 g de cobalto metálico en una mínima cantidad de 1 + 1  $\text{HNO}_3$ . Adicionar 10 mL de 1 + 1  $\text{HCl}$  y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Co.
- 11) Cobre. Disolver 0,100 g de cobre metálico en 2 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado, adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Cu.
- 12) Estaño. Disolver 1,000 g de estaño metálico en 100 mL de  $\text{HCl}$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 1,00  $\mu\text{g}$  Sn.

- 13) Estroncio. Suspender 0,168 5 g  $\text{SrCO}_3$  en agua y disolver cuidadosamente con una mínima cantidad de  $\text{HNO}_3$  1 + 1. Adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir con agua a 1 000 mL; 1 mL = 100  $\mu\text{g}$  Sr.
- 14) Hierro. Disolver 0,100 g de alambre de hierro en una mezcla de 10 mL de  $\text{HCl}$  1 + 1 y 3 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado. Adicionar 5 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Fe.
- 15) Iridio. Disolver 0,114 7 g de cloroiridiato de amonio,  $(\text{NH}_4)_2\text{IrCl}_6$ , en un volumen mínimo de  $\text{HCl}$  al 1% (v/v) y diluir a 100 mL con  $\text{HCl}$  al 1%; 1,00 mL = 500  $\mu\text{g}$  Ir.
- 16) Litio. Disolver 0,532 3 g de carbonato de litio,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , en un volumen mínimo de  $\text{HNO}_3$  1 + 1. Adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Li.
- 17) Magnesio. Disolver 0,165 8 g de  $\text{MgO}$  en un volumen mínimo de  $\text{HNO}_3$  1 + 1, adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado. Diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Mg.
- 18) Manganeso. Disolver 0,100 0 g de manganeso metálico en 10 mL de  $\text{HCl}$  concentrado mezclado con 1 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado. Diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Mn.
- 19) Molibdeno. Disolver 0,204 3 g de  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  en 1 000 mL de agua; 1,00 mL =  $\mu\text{g}$  Mo.
- 20) Níquel. Disolver 0,100 0 g de níquel metálico en 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y caliente, enfriar y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Ni.
- 21) Oro. Disolver 0,100 g de oro metálico en un volumen mínimo de agua regia. Evaporar a sequedad, disolver el residuo en 5 mL de  $\text{HCl}$



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
46/47

- concentrado, enfriar y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu$ g Au.
- 22) Osmio. Obtener el estándar 0,1 M de solución de tetróxido de osmio y guardarlo en frasco de vidrio; 1,00 mL = 19,02 mg Os. Hacer diluciones diariamente conforme se utilice usando  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 1% (v/v). PRECAUCIÓN:  $\text{OsO}_4$  es extremadamente tóxico y volátil.
- 23) Paladio. Disolver 0,100 g de alambre de paladio en un volumen mínimo de agua regia y evaporar a sequedad. Adicionar 5 mL de HCl concentrado, 25 mL de agua y calentar a disolución completa. Disolver el residuo en 20 mL de HCl 1 + 1 y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu$ g Pt.
- 24) Plata. Disolver 0,157 5 g de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) en 100 mL de agua, adicionar 10 mL de ácido nítrico concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu$ g Ag.
- 25) Platino. Disolver 0,100 0 g de platino metálico en un volumen mínimo de agua regia y evaporar a sequedad. Adicionar 5 mL de HCl concentrado y 0,1 g de nace y evaporar nuevamente a sequedad. Disolver el residuo en 20 mL de HCl 1 + 1 y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu$ g Pt.
- 26) Plomo. Disolver 0,159 8 g de nitrato de plomo,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , en una mínima cantidad de  $\text{HNO}_3$  1+ 1, adicionar 10 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu$ g Pb.
- 27) Potasio. Disolver 0,190 7 g de cloruro de potasio, Cl, (secado a 110°C) en agua y diluir a 1 000 mL. 1,00 mL = 100  $\mu$ g K.
- 28) Renio. Disolver 0,155 4 g de perrenato de potasio,  $\text{KReO}_4$ , en 200 mL de agua. Diluir a 1 000 mL con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 1% (v/v); 1,00 mL = 100  $\mu$ g Re.

- 29) Rodio. Disolver 0,386 g de hexaclorato de amonio,  $(\text{NH}_4)_6\text{RhCl}_6 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ , en un volumen mínimo de HCl al 10% (v/v) y diluir a 1 000 mL con HCl al 10% (v/v); 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Rh.
- 30) Rutenio. Disolver 0,205 g de cloruro de rutenio,  $\text{RuCl}_3$ , en un mínimo volumen de HCl al 20% (v/v) y diluir a 1 000 mL con HCl al 20% (v/v); 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Ru.
- 31) Silicio. No secar. Disolver 0,473 0 g de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  en agua. Adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Si. Guardar en polietileno.
- 32) Sodio. Disolver 0,254 2 g de cloruro de sodio,  $\text{NaCl}$ , secado a  $140^\circ\text{C}$ , en agua, adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Na.
- 33) Talio. Disolver 0,130 3 g de nitrato de talio,  $\text{TlNO}_3$ , en agua. Adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Tl.
- 34) Torio. Disolver 0,238 g de nitrato de torio,  $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en 1 000 mL de agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Th.
- 35) Titanio. Disolver 0,396 0 g de cloruro de Titanio puro (99,8 ó 99,9%),  $\text{TiCl}_4$ , en una mezcla de volúmenes iguales de HCl 1N y HF 1N. Llevar con esta mezcla a 1 000 mL; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Ti.
- 36) Vanadio. Disolver 0,229 7 g de metavanadato de amonio,  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ , en una mínima cantidad de  $\text{HNO}_3$  concentrado. Calentar para disolver. Adicionar 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y diluir a 1 000 mL con agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  V.
- 37) Zinc. Disolver 0,100 g de Zinc metálico en 20 mL de HCl 1 + 1 y diluir a 1 000 mL en agua; 1,00 mL = 100  $\mu\text{g}$  Zn.





#### 15.4 Apéndice normativo D - Control de calidad

##### - Generalidades

El control de calidad objeto de este procedimiento es el control de calidad interno del laboratorio ya que el control de calidad externo o evaluación de calidad es realizada por organismos externos (CENAM, CNA, INE, EMA, etc.)

El control de calidad consiste al menos de siete elementos:

1. Certificación de la competencia del analista.
2. Recuperación de las adiciones conocidas.
3. Análisis de los patrones suministrados externamente.
4. Análisis de blancos de reactivos.
5. Calibración con patrones.
6. Análisis de duplicados.
7. Mantenimiento de cartas de control.

##### - Procedimiento

- Competencia de analista: la competencia del analista debe ser por medio de capacitación continua, supervisión y evaluaciones.
- Calibración con patrones: las calibraciones del instrumento deben ser con patrones de concentración conocida que de preferencia sea trazable a un organismo de certificación.
- Análisis de patrones de suministro externo y/o patrones internos preparados de forma independiente a los patrones utilizados en la curva de calibración.

- Participación en evaluaciones externas: Participar en las evaluaciones hechas por los organismos competentes en la materia y aplicar las acciones preventivas y correctivas de acuerdo a los resultados obtenidos.

- Curva de calibración

Formada por un blanco y tres a cinco patrones. La curva de calibración debe estar dentro del intervalo lineal de trabajo. Los puntos de la curva de calibración deben estar dentro del intervalo de concentraciones bajas (extremo inferior de la curva), intermedios (centro de la curva) y altas (extremo superior de la parte lineal de la curva).

- Verificación de línea base y curva de calibración. Analizar un blanco entre las lecturas de las muestras y una de las soluciones patrón de la curva cercana a la concentración de la muestra; la primera para comprobar la estabilidad de la línea base y la segunda para comprobar que el instrumento mantenga en forma aceptable las condiciones iniciales de calibración.

Emplear como guía el siguiente criterio: el valor obtenido del patrón de control fuera del 95 % a 105 % de la concentración esperada sugiere un problema potencial. Cuando el valor sobrepasa de 90 % a 110 % de la concentración esperada, la calibración se considera fuera de control por lo que es necesario hacer una corrección en el proceso. Las características de ejecución se tienen con la información de los gráficos de control, cuyos límites se calculan.

- Verificación de la respuesta del instrumento por medio de gráficos de control. Para verificar la respuesta de un instrumento en el tiempo a una concentración de un patrón, inicialmente optimizado el instrumento, se hacen de 10 a 20 lecturas de la concentración seleccionada y se gráfica en las coordenadas concentración contra tiempo. Con los datos se calcula la media del valor  $\bar{X}$  y la desviación estándar  $S$ . Utilizar los

límites  $\bar{X} \pm 2S$  y  $\bar{X} \pm 3S$ . Construir un gráfico para cada instrumento de análisis e introducir los resultados sobre él.

- Verificación de la exactitud del método. Añadir a una muestra de cada diez (o de cada grupo si son menos), una cantidad conocida del metal que interesa analizar para confirmar la recuperación. La adición debe estar entre 5 y 50 veces el límite de detección del método de preferencia en el punto medio (25 veces el LDM). La recuperación del metal añadido debe ser entre 85 % y 115 %.
- Verificación de la exactitud del método o de la ausencia de interferencias. Al analizar una matriz nueva o de la que no se conoce el efecto de matriz sobre la recuperación del analito, se usa el método de adiciones conocidas. Añadir a cada una de las muestras una cantidad conocida de metal entre 5 y 50 veces el LDM (límite de detección del método) y analizar para confirmar su recuperación. Una recuperación del metal añadido entre 85 % y 115 % indican que los efectos de matriz no son significativos.
- Verificación de el ensayo. Después de cada diez muestras (o de cada grupo si son menos) analizar una solución patrón, con objeto de confirmar que el ensayo este bajo control.
- Verificación de la reproducibilidad del método. En cada grupo de diez muestras meter una muestra duplicada.
- Verificación de la limpieza del material de vidrio y/o plástico. Analizar un blanco de reactivos procesado igual que la muestra. Si los resultados con el blanco dan concentraciones por encima del límite de detección del método ( $Y_B > LDM$ ) repetir la preparación de las muestras empleando reactivos o materiales de vidrio y/o plástico mas limpios.  
 $LDM = Y_B + 3 S_B$ .



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
51/47

- Verificación de la calidad analítica del laboratorio. Se recomienda en forma semestral o anual por medio de pruebas inter-laboratorio organizadas en forma externa a nivel Nacional e Internacional por organismos públicos o privados.

## 15.5 Apéndice normativo E - Digestión de muestras por horno de microondas y/o autoclaves

### - Introducción

La digestión ácida de muestras de agua natural y/o potable es una etapa muy importante del proceso de análisis de la muestra.

La digestión en recipientes cerrados de teflón usando como fuente de energía un horno de microondas y/o autoclave es un proceso eficiente que se refleja en rapidez, ahorro de reactivos y disminución de emisiones a la atmósfera.

### - Equipo y accesorios

1. Sistema de calentamiento por microondas capaz de liberar de 575 W a 1 000 W de potencia. La unidad debe ser capaz de ajustar la potencia a 1 % en un segundo de tiempo, contar con un sistema de control de presión dentro de uno de los vasos y un sistema de ventilación de 2,8 m<sup>3</sup>/min.
2. Sistema de calentamiento por autoclave debe tener una válvula de seguridad que se abra a 15 libras de presión de vapor y un manómetro para indicar la presión interna.
3. Vasos cerrados de teflón de 100 mL de capacidad. El vaso debe ser transparente a los microondas y capaz de soportar una presión interna de 100 o más psi y una temperatura de 200°C. El vaso debe tener

válvula de seguridad con una membrana de ruptura para prevenir la posible ruptura del vaso o que salga disparada la tapa.

4. Los vasos usados para digestión en autoclave pueden ser los mismos u otros vasos que soporten 15 libras y 125° C por tiempos que pueden ser dos o tres veces mayores que los tiempos de digestión en microondas.
5. Los ácidos utilizados deben ser de alta pureza para el análisis de trazas.

- Procedimiento

En un vaso de teflón de 100 mL transfiera 50 mL de la muestra. Marque y pese los vasos con el contenido.

- a. Si la muestra se analiza por flama, añadir 3 mL de ácido nítrico y 2 mL de ácido clorhídrico.
- b. Si la muestra se analiza por horno de grafito añadir 5 mL de ácido nítrico suprapur.
- c. Tapar los recipientes herméticamente y programar el microondas según las instrucciones del fabricante.
- d. El periodo de digestión puede variar de 30 min a 50 min dependiendo de las características de la muestra y de la potencia aplicada.
- e. Sacar y enfriar a temperatura ambiente los vasos del horno de microondas y/o sumergir en agua fría.
- f. Agitar para mezclar la solución y ventilar a la atmósfera para evitar cualquier tipo de presión de gas dentro de los vasos y quitar los tubos de ventilación.

- g. Pesar cada vaso en frío y si hay una pérdida de presión mayor de 0,5 g, abrir el vaso y añadir una cantidad de agua tipo I para igualar el peso perdido. Tapar y agitar el vaso.
- h. Abrir y filtrar si se requiere para retener silicatos y otros materiales insolubles. No lave o diluya la muestra digerida. El volumen final de la muestra es de 55 mL.

NOTA.- Para usar el autoclave como fuente de energía en la digestión de la muestra, se sigue el mismo procedimiento, excepto que el tiempo de la digestión se duplica como mínimo.

#### 15.6 Apéndice normativo F - Determinación de metales en trazas por extracción con metil isobutil cetona (MIBK)

Determinación cuantitativa de trazas de metales en aguas por espectroscopia de absorción atómica en flama.

Este método cubre la determinación de Al, Ag, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V y Zn entre otros.

A una cantidad representativa de la muestra homogeneizada hacer una quelación y extracción con solvente orgánico. Este método está basado en la quelación del metal con ligandos orgánicos y su subsecuente extracción con solvente orgánico metil isobutil cetona (MIBK).

Se utilizan como agentes quelantes: ditiocarbamato pirrolidin de amonio (APDC); dietil ditiocarbamato de sodio (NaDDC) y sal de amonio de nitrosifenilhidroxilamina (KUPFERRON).

Para evitar problemas asociados con la inestabilidad de los complejos de metal extraídos determine los metales inmediatamente después de la extracción.

Son usados otros quelantes y otros solventes orgánicos para otros elementos de interés en el análisis de aguas.

- Equipo

Espectrofotómetro de absorción atómica y el equipo asociado para leer en flama solventes orgánicos. Consultar el manual de operación del fabricante.

- Reactivos y materiales

Los reactivos utilizados deben ser de alta pureza (grado espectrográfico).

1. Metil isobutil cetona (MIBK) grado reactivo.
2. APDC (amino pirrolidin ditiocarbamato) en solución al 1 % : Pesar 0,05 g de APDC por cada muestra incluyendo patrones (0,75 g de APDC + 75 mL MIBK + 75 mL agua) disolver agitando y recuperar la fase acuosa, purificar añadiendo un volumen igual de MIBK, agitar, separar en embudo de separación. Airear la fase acuosa para eliminar totalmente la MIBK y que la solución este transparente. La fase acuosa es la que se utiliza para añadir a las muestras y patrones.
3. NaDDC (dietil ditiocarbamato de sodio) al 5,2 %: Pesar 6,5 g de NaDDC + 125 mL de agua + 10 mL de MIBK agitar fuertemente. En embudo de separación separar fase acuosa y desechar la fase orgánica, repetir la operación con 10 mL de MIBK agitar de nuevo y desechar la MIBK. Airear la fase acuosa para eliminar totalmente la MIBK y que la solución este transparente. La fase acuosa es la que se utiliza para añadir a las muestras y patrones.
4. Solución de Ftalato de Potasio ( $C_8H_5KO_4$ ) al 20 %: Pesar 20,4 g de Ftalato de Potasio + 2,8 mL de Ácido Clorhídrico 1M aforar a 100 mL con agua. De esta solución añadir 2 mL a cada una de las muestras, patrones y blanco.

5. Sal de Amonio de Nitrosufenilhidroxilamina (Kupferron) en solución al 5%: Pesar 2,5 g de Kupferron + 50 mL de Ácido Clorhídrico 0,33 M + 50 mL MIBK, agitar fuertemente por 1 min. En embudo de separación dejar reposar para separar las fases descartar la fase acuosa añadir 50 mL de agua desionizada agitar y descartar la fase acuosa asegúrese que nada de la fase acuosa permanece en el tronco del embudo. La fase orgánica es la que se utiliza para añadir a las muestras y patrones.
6. Agua libre de metales: Suficiente cantidad de muestra de agua se somete al tratamiento de extracción de metales y para obtener mayor pureza posteriormente añadir MIBK y agitar; separar las fases y desechar la orgánica, repetir la operación y airear para eliminar totalmente la MIBK. Esta agua libre de metales se utiliza en la preparación de patrones.

- Preparación de la muestra

Las aguas residuales, requieren en general, un tratamiento previo antes del análisis de acuerdo a la normatividad aplicable, a continuación se presentan algunas alternativas.

Filtrar las muestras si es necesario.

Poner el volumen según el método elegido en un vaso de precipitado y ajustar al pH como se indica en la tabla 1.

Pasar a botellas de polipropileno para añadir el quelante y el solvente con buretas graduadas como se indica en la tabla 1F.





La solución de kupferron agregarla directamente, es el reactivo ya preparado con la MIBK.

Método 1 agitar mecánicamente por 30 min y pasar a un embudo de separación. La fase acuosa agua libre de metales se utiliza para preparación de patrones y la fase orgánica es la muestra problema para su análisis en el equipo.

Método 2 agitar mecánicamente por 2 min y pasar a embudo de separación. La fase acuosa agua libre de metales se utiliza en la preparación de patrones y la fase orgánica es la muestra problema para su análisis en el equipo.

Método 3 agitar mecánicamente por 2 min y medio y pasar a embudo de separación. La fase acuosa agua libre de vanadio se utiliza en la preparación de patrones y la fase orgánica es la muestra problema para su análisis en el equipo.

Ejemplo de preparación de patrones para los diferentes métodos:

En la preparación de las soluciones patrón la eficiencia de la extracción para los complejos APDC, NaDDC, Kupferron se ve afectada por las diferentes matrices por lo que deben ser preparadas en igual matriz como se describe en el inciso 6 con el agua libre de metales.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
57/47

**TABLA 1F.- Sistemas de extracción con metil isobutil cetona (MIBK)**

Agente Quelante		Método 1	Método 2	Método 3
		APDC 1% 5 mL	NaDDC 5,2% 7 mL	Solución de KUPFERRO N 5 mL
Solvente		MIBK 25 mL	MIBK 15 mL	
	Volumen de muestra	Ajustar el rango de pH para la extracción completa según método		
<b>Método 1</b>	500 mL	3 a 5		
Al, Ag, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn				
<b>Método 2</b>	100 mL + 8 gotas de ácido clorhídrico concentrado + 2 mL sol. De phtalato de potasio al 20 %		3,6	
Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn				
<b>Método 3</b>	10 mL de patrón de 0,4 mg/L se afora a 100 mL con muestra			1,0
V (método adición de estándares)				



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
58/47

Método 1. En matraz de 500 mL preparar para la curva de calibración en el equipo los patrones como se indica en tabla 2 F, aforando con agua de mar libre de metales.

**TABLA 2 F.- Concentraciones de patrones**

Elementos	Patrón 1 mg/L	Patrón 2 mg/L	Patrón 3 mg/L	Patrón 4 mg/L	Blanco mg/L
Co, Cu, Ni, Pb	0,005 0	0,010 0	0,020 0	0,040 0	0,000
Ag, Cd	0,001 0	0,002 0	0,004 0	0,008 0	0,000
Al, Fe	0,025 0	0,050 0	0,100 0	0,200 0	0,000
Zn	0,000 5	0,001 0	0,002 0	0,004 0	0,000

Método 2. En matraz de 100 mL preparar a partir de patrón certificado del elemento las siguientes concentraciones como se indica en la tabla 3 F aforando con agua libre de metales.

**TABLA 3 F.- Concentraciones de Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn**

Elemento	Concentraciones mg/L	Aforar a 100 mL Con agua libre de metales
Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	Bco. 0,00, 0,010, 0,025, 0,050 y 0,100	

Método 3. Determinación de vanadio (método adición de estándares): en matraz de 100 mL preparar a partir de patrón certificado del elemento las siguientes concentraciones como se indica en la tabla 4 F.

**TABLA 4 F.- Concentraciones de vanadio**

Elemento	Concentraciones mg/L	Aforar a 100 mL Con agua libre de metales
V	0,02 , 0,04 y 0,08	

Preparar patrón de vanadio de 0,4 mg/L y añadir 10 mL a cada una de las muestras y aforar con muestra en matraz de 100 mL (queda el patrón de 0,04 mg/L adicionado en cada muestra).

15.7 Apéndice normativo G - Digestión de muestras para la determinación de mercurio por generación de vapor frío en equipos por lote o continuos

- Introducción

El mercurio en las muestras de aguas naturales, potables y residuales, puede estar presentar en forma inorgánica, orgánica y elemental. La generación de vapores a partir de cada una de las formas, por medio de la reducción con cloruro estannoso, no es igual, por lo que se requiere de una digestión para oxidar los diferentes mercurios y pasen a la forma de (Hg<sup>++</sup>).

- Reactivos

- Agua Tipo I.
- Solución patrón de mercurio.
- Ácido nítrico concentrado ( HNO<sub>3</sub> )
- Solución de permanganato de potasio ( KMnO<sub>4</sub> ) al 5 %.
- Solución de persulfato de potasio ( K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> ) al 5 %.

- Solución de cloruro de sodio con sulfato de hidroxilamina: disolver 12 g de NaCl y 12 g de  $(\text{NH}_2\text{OH})\text{H}_2\text{SO}_4$  en agua y aforar a 100 mL. Se puede sustituir por cloruro de hidroxilamina al 10 %.
- Solución de cloruro estannoso al 10 % en HCl al 20 % o como lo indique el fabricante del equipo.
- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado.

- Procedimiento de digestión y estandarización

Preparar la solución de trabajo de 100  $\mu$ /L ( 0,1 mg/L) a partir de la solución patrón de 1 000 mg/L de mercurio.

Tomar la cantidad de muestra y patrones necesarios según las indicaciones del fabricante del equipo.

Preparar 100 mL de cada uno de los patrones de trabajo, del blanco y de la muestra, procediendo de acuerdo a la secuencia presentada en la tabla 1 G.

1. Paso 1. Cantidad en mL de blanco, patrones y muestra.
2. Paso 2. Concentración de mercurio en los patrones de trabajo y la concentración desconocida de la muestra(X).
3. Paso 3. Añadir 2 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
4. Paso 4. Añadir 1 mL de  $\text{HNO}_3$ .
5. Paso 5. Añadir la solución de permanganato de potasio hasta que permanezca el color (puede ser menos o mas de la indicada en la tabla 1 G) y reposar por 15 min para asegurar la oxidación total. Cuando la matriz de la muestra está baja en material orgánico se aumenta el tiempo de reposo de 15 min a mínimo 2 h y se continua en el paso 7 y 8.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

NMX-AA-051-SCFI-2001  
61/47

6. Paso 6. Añadir la solución de persulfato de potasio y calentar en baño maría a 95°C por 2 h. Enfriar a temperatura ambiente.
7. Paso 7. Añadir la cantidad necesaria de la solución de hidroxilamina para reducir el exceso de permanganato (decoloración de la muestra).

**TABLA 1 G.- Procedimiento de digestión y estandarización**

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6	Paso 7
Poner en un frasco mL	Hg mg/L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Concentrado mL	HNO <sub>3</sub> Concentrado ML	Solución KMnO <sub>4</sub> mL	Solución K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> mL	Solución Hidroxilamina a que desaparezca el color
100 blanco	0,000 0	2	1	6	3,2	0 - X
100 patrón 1	0,000 5	2	1	6	3,2	0 - X
100 patrón 2	0,001 0	2	1	6	3,2	0 - X
100 patrón 3	0,002 0	2	1	6	3,2	0 - X
100 patrón 4	0,005 0	2	1	6	3,2	0 - X
100 muestra	X	2	1	6	3,2	0 - X

8. Paso 8: Añadir la solución de cloruro estanoso para liberar el mercurio en estado basal. El vapor atómico de mercurio es llevado a la celda de absorción para su detección.

Para el caso de mercurio utilizando el boro hidruro de sodio se realiza una digestión ácida.

## 16 BIBLIOGRAFÍA

- |                   |   |
|-------------------|---|
| NOM-001-ECOL-1996 | Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.   |
| NOM-008-SCFI-1993 | Sistema general de unidades de medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993.  |
| NMX-AA-003-1980   | Aguas residuales - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.   |
| NMX-AA-014-1980   | Cuerpos receptores - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el . Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980. |
| NMX-AA-089/1-1986 | Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 1. Declaratoria de vigencia   |



publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.

NMX-AA-115-SCFI-2001      Análisis de agua - Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.

NMX-AA-116-SCFI-2001      Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.

Standard Test Methods for Elements in Water by Metals Atomic Absorption Spectroscopy, American Society for Testing and Materials, USA, ASTM Committee on Standards, Philadelphia PA, vol. 11.01 1994.

Method 200.9, "Determination of Trace Elements by Stabilized Temperature Graphite Furnace Atomic.

Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989.

Methods "Metals by atomic Absorption Spectrometry", Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, USA, American Public Health Association (APHA), Washington, DC 20005, 19<sup>th</sup> Edition 1995





NMX-AA-051-SCFI-2001  
64/47

## 17 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

MÉXICO D.F., A  
DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

MIGUEL AGUILAR ROMO

JADS/AFO/DLR/MRG



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-067-1985**

**PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL  
SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-DETERMINACION DE LA  
RELACION CARBONO / NITROGENO**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION-SOIL CONTAMINATION-MUNICIPAL  
SOLID RESIDUES-DETERMINATION OF  
THE CARBON /NITROGEN RELATION*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## PREFACIO

En la formulación de la presente norma participaron los siguientes organismos:

- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA.  
Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
Comisión de Ecología Dirección General de Estudios Prospectivos.

PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL  
SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-DETERMINACION DE LA  
RELACION CARBONO / NITROGENO

ENVIRONMENTAL PROTECTION-SOIL CONTAMINATION-MUNICIPAL  
SOLID RESIDUES-DETERMINATION OF  
THE CARBON /NITROGEN RELATION

## 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente Norma Mexicana especifica un método para la determinación de la relación Carbono/Nitrógeno de los Residuos Sólidos Municipales, para planear y diseñar los sistemas adecuados de disposición final de los mismos.

## 2 REFERENCIAS

Esta Norma se completa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NOM-AA-021	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Determinación de Materia Orgánica.
NOM-AA-024	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Determinación de Nitrógeno total.
NOM-AA-052	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Preparación de Muestras en Laboratorio para su análisis.
NOM-AA-091	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Terminología.

## 3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma las definiciones son las establecidas en la Norma Mexicana NOM-AA-091, además de la siguiente:

### 3.1. Relación Carbono / Nitrógeno

Es el parámetro utilizado como control de calidad de los residuos sólidos dentro de un sistema, utilizando como base la materia orgánica.

#### 4 APARATOS Y EQUIPO

Son los utilizados en las determinaciones de Materia Orgánica y Nitrógeno Total.

#### 5 MATERIALES Y REACTIVOS

Son los utilizados en las determinaciones de Materia Orgánica y Nitrógeno Total.

#### 6 CALCULOS

La relación Carbono/Nitrógeno (C/N) está en función del % de materia orgánica (%M.O.) obtenida de acuerdo a la constante de Jackson y del % de Nitrógeno total (%N).

Para determinar el contenido de carbono se multiplica el % de materia orgánica x 0.58, donde:

0.58 = constante dada por Jackson (Ver Bibliografía).

Por lo tanto, la ecuación para determinar la relación (C/N) es:

$$(C/N) = \frac{(\% \text{ M.O.}) \times 0.58}{\% \text{ N}}$$

donde:

% N = % Nitrógeno total obtenido según NOM-AA-024.

(% M.O.) = % Materia orgánica obtenida según norma NOM-AA-021

## 7 BIBLIOGRAFIA

- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.

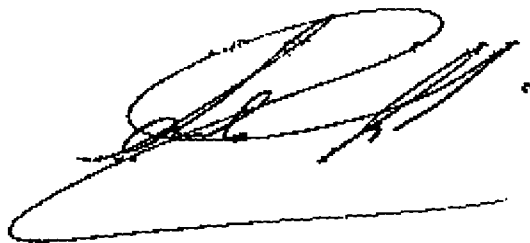
Manuel de operación de Laboratorio de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos. México, D. F.  
1976.

- Jackson, M.L.

Análisis Químico de Suelos.  
Ediciones Omega. Barcelona, España.  
1970.

México D.F., Agosto 8, 1985

LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Saez Pueyo', with a long horizontal flourish extending to the left.

LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO

Fecha de Aprobación y Publicación: Agosto 8, 1985

**NMX-AA-051-SCFI-2001**

**ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN  
ATÓMICA EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y  
RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-  
051-1981)**

**WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF METALS BY ATOMIC ABSORPTION  
IN NATURAL, DRINKING, WASTEWATERS AND WASTEWATERS TREATED -  
TEST METHOD**

## PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- CASA ROCAS, S.A. DE C.V.
- CENTRO DE SERVICIOS QUÍMICOS DE AGUASCALIENTES
- CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
- COMISIÓN ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
- CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES
- FISHER SCIENTIFIC MEXICANA, S.A. DE C.V.
- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica;  
Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

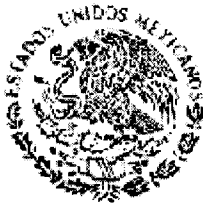


- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
  
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
  
- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES  
Campus Monterrey.
  
- LABORATORIO DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
  
- LABORATORIO DE PEMEX PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
POZOS
  
- LABORATORIO DE QUÍMICA DEL MEDIO E INDUSTRIAL, S.A. DE  
C.V.
  
- LABORATORIO IDECA, S.A. DE C.V.
  
- LABORATORIO QUÍMICO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
  
- LABORATORIOS ABC QUÍMICA, INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A.  
DE C.V.
  
- MERCK- MÉXICO, S.A. DE C.V.
  
- NOVAMANN, S.A. DE C.V.  
Laboratorio Control Químico.
  
- PERKIN ELMER DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
  
- PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.

- PETROQUÍMICA MORELOS, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.
- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- SECRETARÍA DE SALUD
- SERVICIOS AMBIENTALES MULTIPLES E INGENIERÍA, S.A. DE C.V.
- SERVICIOS DE INGENIERÍA Y CONSULTORÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
- SISTEMA INTERMUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
Unidad Azcapotzalco.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Facultad de Química;  
Instituto de Geofísica;  
Instituto de Ingeniería.
- VARIAN, S.A. DE C.V.

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

<b>Número del capítulo</b>		<b>Página</b>
0	Introducción	1
1	Objetivo y campo de aplicación	1
2	Referencias	1
3	Principio del método	2
4	Definiciones	2
5	Equipo y materiales	8
6	Reactivos y patrones	10
7	Recolección, preservación y almacenamiento de muestras	11
8	Control de calidad	12
9	Calibración	13
10	Procedimiento	16
11	Cálculos	20
12	Interferencias	20
13	Seguridad	23
14	Manejo de residuos	24
15	Apéndices normativos	25
16	Bibliografía	45
17	Concordancia con normas internacionales	47



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-094-1985**

**PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL SUELO - RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACION DE  
FOSFORO TOTAL**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION - SOIL CONTAMINATION -  
MUNICIPAL SOLID RESIDUES - DETERMINATION OF TOTAL  
PHOSPHORUS*

I) **DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## **PREFACIO**

En la elaboración de esta Norma participaron los siguientes organismos:

- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA  
Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.
  
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
Dirección General de Estudios Prospectivos.  
Comisión de Ecología.

PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL SUELO - RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACION DE FOSFORO TOTAL

*ENVIRONMENTAL PROTECTION - SOIL CONTAMINATION - MUNICIPAL SOLID RESIDUES -  
DETERMINATION OF TOTAL PHOSPHORUS*

## 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana especifica un método de prueba para determinar el fósforo total contenido en los Residuos Sólidos Municipales y no es aplicable a productos que generan soluciones coloridas como son las del tipo denominado escorias básicas.

## 2 REFERENCIAS.

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-AA-091	Protección al ambiente - Contaminación del Suelo -Residuos Sólidos - Terminología.
NOM-AA-052	Protección al ambiente - Contaminación del suelo -Residuos sólidos municipales - Preparación de muestras en laboratorio para su análisis.

## 3 DEFINICIONES.

Para los efectos de esta norma las definiciones son las que se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-091 además de:

### 3.1 Fósforo total

Fósforo disponible o aprovechable en todas sus formas, más fósforo orgánico.

## 4 FUNDAMENTO.

Este método se basa en disolver y transformar los compuestos fosforados a ortofosfatos, los cuales se hacen reaccionar para formar el complejo de fosfovanadomolibdato, cuya intensidad de color se mide fotométricamente.

## 5 APARATOS Y EQUIPO.

Equipo usual de laboratorio además de:

5.1 Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g.

5.2 Espectrofotómetro o Colorímetro con celdas.

5.3 Parrilla de calentamiento con control de temperatura y agitación magnética.

## 6 MATERIALES Y REACTIVOS.

6.1 Materiales.

6.1.1 Piedras de ebullición

6.1.2 Papel filtro Wathman ( N° 5 o similar ) de 11 cm de diámetro

6.2 Reactivos.

Los reactivos que a continuación se mencionan, deben ser grado analítico; cuando se hable de agua, debe entenderse por agua destilada o desmineralizada.

6.2.1 Acido nítrico, (HNO<sub>3</sub>) 69 a 71 %

6.2.2 Acido perclórico, (HClO<sub>4</sub>) 70 a 72 %

6.2.3 Solución de Vanadomolibdato

6.2.3.1 Disolver  $40 \pm 0.01$  g de heptamolibdato de amonio tetrahidratado: [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O] en  $400 \pm 1.0$  cm<sup>3</sup> de agua caliente a 323 K (50 °C) y dejar enfriar a temperatura ambiente. Filtrar en caso de que la solución sea turbia. Diluir hasta  $500 \pm 1.0$  cm<sup>3</sup> con agua y homogeneizar. Almacenar en un frasco de vidrio color ámbar. Preparar una solución fresca cada dos meses.

6.2.3.2 En un matraz Erlenmeyer de 1000 cm<sup>3</sup> disolver  $2 \pm 0.01$  g de metavanadato de amonio (NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub>) en  $200 \pm 1.0$  cm<sup>3</sup> de agua caliente a 323 K (50 °C) y dejar enfriar a temperatura ambiente.

Por medio de una bureta adicionar gota a gota 450 cm<sup>3</sup> de ácido perclórico,(HClO<sub>4</sub>) empleando agitación magnética. Almacenar esta solución en un frasco de vidrio color ámbar.

6.2.3.3 Verter lentamente y con agitación (6.2.3.2) y diluir con agua a 2000 ± 2 cm<sup>3</sup>.

6.2.4 Patrón primario de pentóxido de fósforo.

6.2.4.1 Pesar 9.5876 g de fosfato de potasio monobásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) secado previamente a 378 K (105 C) por un mínimo de dos horas y disolver en aproximadamente 100 cm<sup>3</sup> de agua en un matraz aforado de 500 cm<sup>3</sup> y llenar hasta la marca con agua. Esta solución contiene 10 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por cm<sup>3</sup> almacenar esta solución en un frasco de vidrio color ámbar por no mas de dos semanas.

NOTA: A fin de asegurar la pureza del fosfato de potasio monobásico se recomienda recristalizar en agua y secar hasta peso constante a una temperatura de 378 K (105 °C).

6.2.4.2 Solución de trabajo de pentóxido de fósforo.

Diluir 10 ± 0.1 cm<sup>3</sup> de solución patrón primario de pentóxido de fósforo (6.2.4) en un matraz aforado de 1000 cm<sup>3</sup> y llevar hasta la marca en agua. Esta solución contiene 0.1 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por cm<sup>3</sup>

NOTA: Esta solución debe ser preparada diariamente.

## 7 OBTENCION DE LA MUESTRA.

La muestra se obtiene según la NOM-AA-052 y en cantidad suficiente para efectuar la determinación por duplicado.

## 8 PROCEDIMIENTO.

### 8.1 Recomendaciones de seguridad.

Tener cuidado con el manejo del ácido nítrico para destruir la materia orgánica fácilmente oxidable, pero no llevar a sequedad. Trabajar con protección facial y bajo la campana. La ceniza de tabaco, el sudor y el polvo contienen cantidades apreciables de fosfatos, por lo tanto deben quedar excluidos del área de trabajo.



## 8.2 Determinación.

### 8.2.1 Preparación de la solución de fósforo.

8.2.1.1 Trasferir la muestra de análisis (10 g) a un vaso de precipitados de 250 cm<sup>3</sup>; agregar de 20 a 30 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico, así como piedras de ebullición. Cubrir con un vidrio de reloj y llevar a ebullición en la parrilla de calentamiento de 30 a 45 minutos.

8.2.1.2 Dejar enfriar hasta temperatura ambiente, agregar de 10 a 20 cm<sup>3</sup> de ácido perclórico y calentar suavemente hasta que desaparezcan los vapores nitrosos. Si es necesario agregar porciones de 10 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico tantas veces como se requiera para decolorar la solución.

8.2.1.3 Enfriar hasta temperatura ambiente y agregar 50 cm<sup>3</sup> de agua, llevar a ebullición durante 5 minutos. Filtrar y recibir el producto en un matraz aforado de 250 cm<sup>3</sup>. Lavar dos veces los residuos del papel filtro con agua caliente, enfriar hasta temperatura ambiente y llevar a la marca con agua.

### 8.2.2 Desarrollo de color.

8.2.2.1 Medir de la solución de trabajo una alícuota que contenga de 3 a 4mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y transferir a un matraz aforado de 100 cm<sup>3</sup>.

NOTA: Para muestras con un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> menor de 0.5% se deben ajustar las diluciones de manera que la alícuota sobre la que se va a efectuar la determinación contenga de 3 a 4 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

### 8.2.2.2 Blanco de prueba.

8.2.2.2.1 Simultáneamente (con 8.2.2.1) se miden 20 cm<sup>3</sup> de la solución de trabajo de 0.1 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por cm<sup>3</sup> (6.2.4.2) y se transfieren a un matraz aforado de 100 cm<sup>3</sup>. Se ajusta con agua a un volumen aproximado de 50 cm<sup>3</sup> y tomando un tiempo no mayor de 5 minutos para toda la serie de determinaciones se agrega con bureta o pipeta 20 cm<sup>3</sup> de solución de vanadomolibdato. Se lleva hasta la marca con agua, se homogeniza y se deja reposar 10 minutos.

### 8.2.3 Medición fotométrica.

8.2.3.1 El color se desarrolla rápidamente, pero usualmente se lee una vez que han transcurrido 10 minutos, con el fin de asegurar que alcance la máxima intensidad.

8.2.3.2 Transferir la solución de trabajo que contiene 2 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por cm<sup>3</sup> (blanco de prueba), así como la solución de la muestra (8.2.1.3) a las celdas.

8.2.3.3 Conducir un blanco de prueba paralelo a la determinación, con el fin de ajustar el espectrofotómetro o colorímetro. A lectura "cero" de absorbancia o 100% de transmitancia con una longitud de onda de 400 nm.

8.2.3.4 Se mide la absorbancia o transmitancia de la muestra y se anota la lectura.

NOTA: En caso de que se utilice un colorímetro, se emplea el filtro No. 42 que tiene un intervalo espectral de 400 a 465 nm.

8.3 Curva de calibración.

8.3.1 De la solución de trabajo de  $P_2O_5$  (6.2.4.2) se miden alícuotas como se indica en la Tabla No. 1, se transfieren a matraces aforados de 100 cm<sup>3</sup> y se prosigue como se indica en la determinación a partir de 8.2.2 al 8.2.3 inclusive.

Se elabora una gráfica tomando como ordenadas los mg de  $P_2O_5$  y como abscisas las lecturas de absorbancia o transmitancia.

NOTA: Elaborar nueva curva de calibración cada vez que se prepare el patrón primario de  $P_2O_5$  (6.2.4.2).

**TABLA N° 1**

SOLUCION DE TRABAJO ( cpm <sup>3</sup> )	CONCENTRACION DE $P_2O_5$ ( mg )
20	2.0
25	2.5
30	3.0
35	3.5
40	4.0
45	4.5
50	5.0

9 EXPRESION DE RESULTADOS.

9.1 Método de cálculo y fórmulas.

El contenido de fósforo total está dado como:

$$\% P_2O_5 = \frac{m_1 \cdot V_1 \cdot V_2}{m_0 \cdot A_1 \cdot A_2} \cdot 100$$

En donde:

$m_1$  = masa en mg de  $P_2O_5$  leídos en la curva de calibración para la muestra problema.

$V_1$  = Volumen en  $cm^3$  de la solución de la porción de análisis.

$V_2$  = Volumen en  $cm^3$  de la dilución igual a 100.

$m_0$  = masa en  $cm^3$  de la porción de análisis.

$A_1$  = Volumen en  $cm^3$  de la alícuota de la muestra.

$A_2$  = Volumen en  $cm^3$  de la alícuota de la solución de trabajo.

## 9.2 Repetibilidad.

La diferencia entre resultados obtenidos para diferentes porciones de muestras, así como de sus análisis, no debe exceder de 0.1%, en caso contrario se recomienda repetir la determinación.

## 10 BIBLIOGRAFIA.

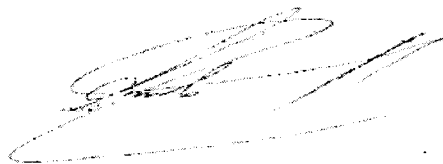
- Official Methods of Analysis  
1a. ed. A.O.A.C (Association of Official Agricultural Chemists).  
Washington, D. C.  
1970  
Sec. 2, 17 - 22.
- Analytical Methods  
2a. ed. (National Plant Food Institute).  
Washington, D. C.  
1968

### **Met. 3.630**

- LABORATORY MANUAL  
Tennessee Valley Authority.  
Muscel Shoals, Alabama.  
P 30 - 39
- JACKSON, M. L.  
Análisis Químico de Suelos.  
Ediciones Omega.  
Barcelona, España. 1970

México, D. F., Noviembre 4, 1985

LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Consuelo Saez Pueyo', written in a cursive style.

LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO

Fecha de aprobación y publicación: Noviembre 4, 1985

## **Apéndice 2**

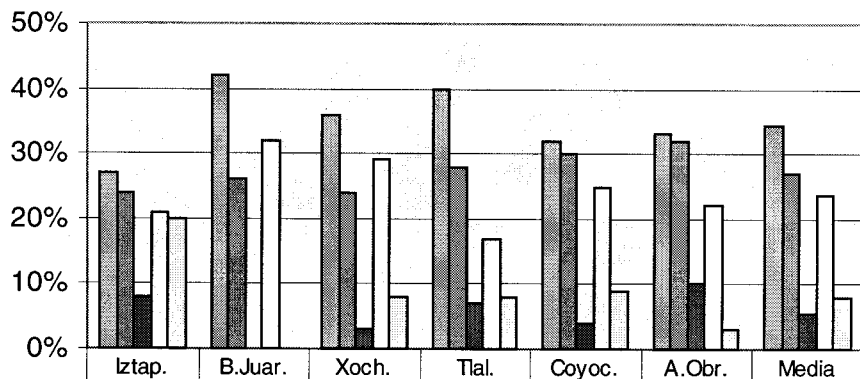
## Sondeo de opinión sobre el manejo de basura.

### Encuesta.

1.- Ocupación	Delegación						Media	Desviación estándar
	Iztapalapa	Benito Juárez	Xochimilco	Tlalpan	Coyoacán	Álvaro Obregón		
Ama de casa	27%	42%	36%	40%	32%	33%	35%	0.055
Estudiante	24%	26%	24%	28%	30%	32%	27%	0.033
Obrero	8%	0%	3%	7%	4%	10%	6%	0.037
Profesionista	21%	32%	29%	17%	25%	22%	24%	0.055
Otro	20%	0%	8%	8%	9%	3%	8%	0.068
<b>2.- Sexo</b>								
Femenino	58%	68%	62%	64%	63%	70%	64%	0.043
Masculino	42%	32%	38%	36%	37%	30%	37%	0.043
<b>3.- ¿Qué hace con la basura?</b>								
La quema	5%	0%	1%	2%	2%	4%	2%	0.019
La separa	9%	8%	10%	9%	10%	15%	10%	0.025
La reutiliza	2%	9%	0%	2%	2%	4%	2%	0.031
Camión	84%	92%	73%	86%	83%	74%	84%	0.073
Separa/camión	0%	0%	10%	1%	3%	3%	2%	0.038
Canceladas			6%				6%	
<b>4.- ¿Cuántas veces por semana pasa el camión de basura?</b>								
Uno	17%	4%	9%	9%	10%	8%	9%	0.042
Dos	29%	18%	18%	44%	21%	27%	24%	0.099
Tres	20%	19%	33%	29%	40%	48%	31%	0.113
Todos los días	34%	59%	37%	17%	27%	16%	31%	0.159
No contestó	0%	0%	3%	1%	2%	1%	1%	0.012
<b>5.- ¿En qué tira la basura?</b>								
Al camión	24%	14%	12%	17%	20%	17%	17%	0.043
Bolsas de plástico	71%	83%	86%	81%	77%	80%	81%	0.052
Bolsa de papel	5%	3%	2%	2%	3%	3%	3%	0.011
<b>6.- ¿Qué tipo de basura genera en mayor cantidad?</b>								
Cartón/papel	27%	18%	20%	24%	24%	23%	24%	0.032
Aluminio	5%	3%	2%	4%	3%	5%	4%	0.012
Plástico	11%	22%	8%	15%	10%	11%	11%	0.050
Des.comida	36%	45%	38%	45%	37%	50%	42%	0.056
Más de dos respuestas	15%	6%	15%	12%	26%	11%	14%	0.067
Papel/comida	6%	6%	17%				6%	0.064
<b>7.- ¿Cuántas cubetas genera por día?</b>								
Media	21%	14%	20%	17%	14%	10%	16%	0.041
Una	37%	50%	41%	46%	44%	37%	43%	0.052
Dos	24%	23%	30%	26%	32%	33%	28%	0.042
Más de 3	18%	13%	9%	11%	10%	20%	12%	0.045
<b>8.- ¿Conoce los beneficios de separar la basura?</b>								
Sí	82%	77%	76%	77%	77%	71%	77%	0.035
No	18%	23%	24%	23%	23%	29%	23%	0.035
<b>9.- ¿Ha habido campañas para separar la basura en su colonia?</b>								
Sí	14%	19%	9%	12%	22%	27%	17%	0.067
No	86%	81%	91%	88%	78%	73%	84%	0.067
<b>10.- ¿Estaría dispuesto a separar la basura?</b>								
Sí	80%	83%	83%	87%	79%	80%	82%	0.030
No	20%	17%	17%	13%	21%	20%	19%	0.030
<b>11.- ¿Daría su basura para un proyecto ecológico?</b>								
Sí	94%	99%	95%	91%	90%	89%	93%	0.037
No	6%	1%	5%	9%	10%	11%	8%	0.037
<b>12.- ¿Le interesaría saber más acerca de los beneficios que conlleva separar la basura?</b>								
Sí	74%	91%	85%	85%	78%	81%	83%	0.060
No	26%	9%	15%	15%	22%	19%	17%	0.060

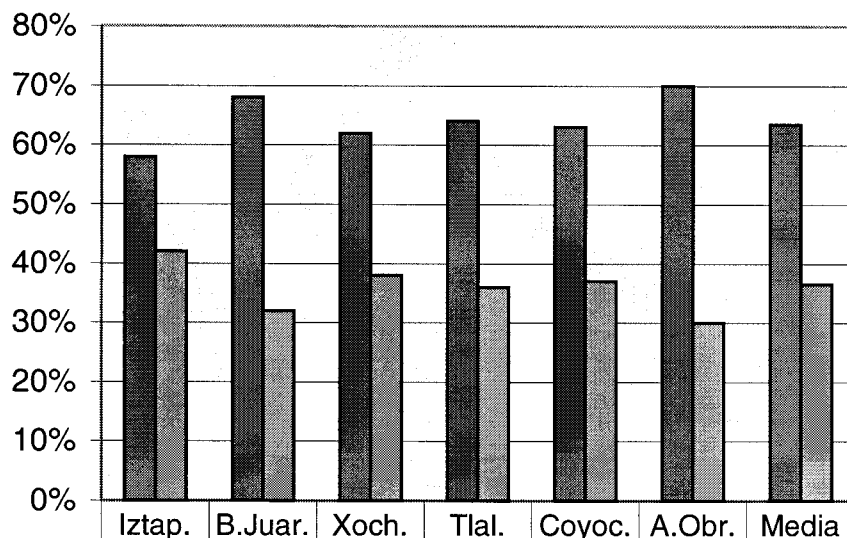
Ver gráficas en el apéndice.

### Pregunta 1 Ocupación



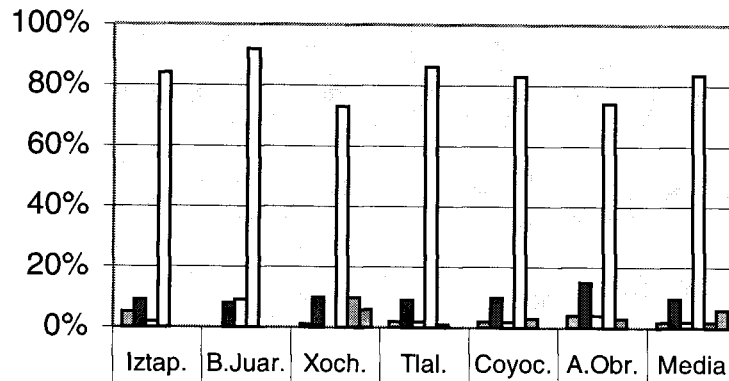
	Iztap.	B.Juar.	Xoch.	Tlal.	Coyoc.	A.Obr.	Media
ama de casa	27%	42%	36%	40%	32%	33%	35%
estudiante	24%	26%	24%	28%	30%	32%	27%
obrero	8%	0%	3%	7%	4%	10%	6%
profesionista	21%	32%	29%	17%	25%	22%	24%
otro	20%	0%	8%	8%	9%	3%	8%

### Pregunta 2 Sexo



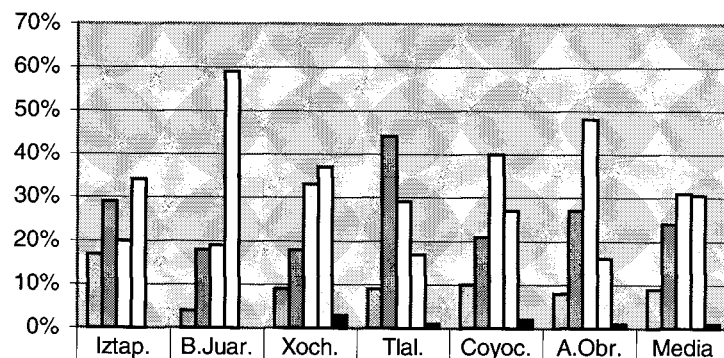
	Iztap.	B.Juar.	Xoch.	Tlal.	Coyoc.	A.Obr.	Media
femenino	58%	68%	62%	64%	63%	70%	64%
masculino	42%	32%	38%	36%	37%	30%	37%

### Pregunta 3 ¿Que hace con la basura?



	Iztap.	B.Juar.	Xoch.	Tlal.	Coyoc.	A.Obr.	Media
■ la quema	5%	0%	1%	2%	2%	4%	2%
■ la separa	9%	8%	10%	9%	10%	15%	10%
□ la reutiliza	2%	9%	0%	2%	2%	4%	2%
□ camión	84%	92%	73%	86%	83%	74%	84%
■ separa/camión	0%	0%	10%	1%	3%	3%	2%
■ canceladas			6%				6%

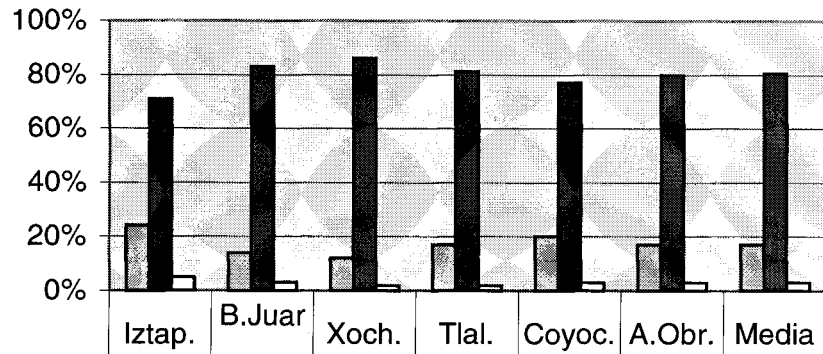
### Pregunta 4 ¿Cuántas veces por semana pasa el camión?



	Iztap.	B.Juar.	Xoch.	Tlal.	Coyoc.	A.Obr.	Media
■ uno	17%	4%	9%	9%	10%	8%	9%
■ dos	29%	18%	18%	44%	21%	27%	24%
□ tres	20%	19%	33%	29%	40%	48%	31%
□ todos los días	34%	59%	37%	17%	27%	16%	31%
■ no contesto	0%	0%	3%	1%	2%	1%	1%

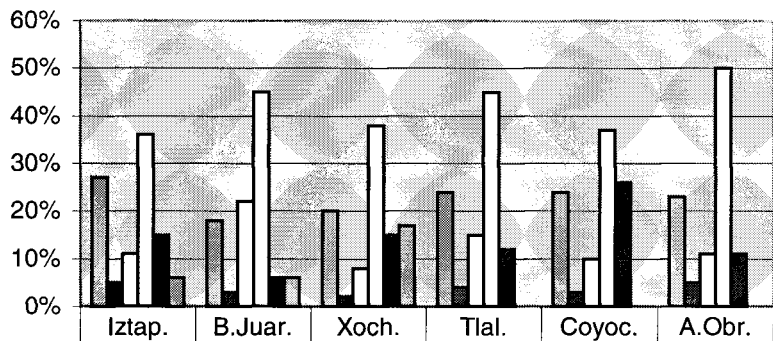


### Pregunta 5 ¿En que tira la basura?



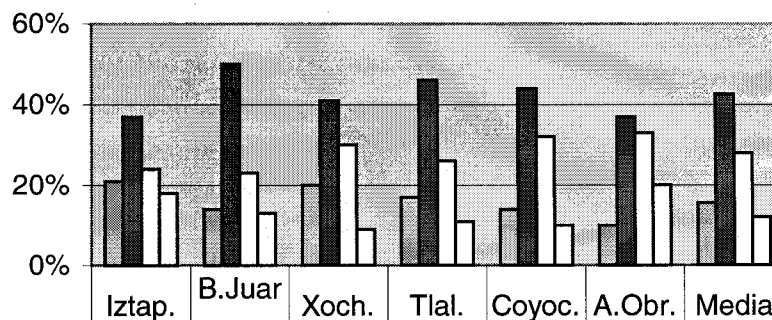
al camión	24%	14%	12%	17%	20%	17%	17%
bolsas de plástico	71%	83%	86%	81%	77%	80%	81%
bolsa de papel	5%	3%	2%	2%	3%	3%	3%

### Pregunta 6 ¿Que tipo de basura genera en mayor cantidad?



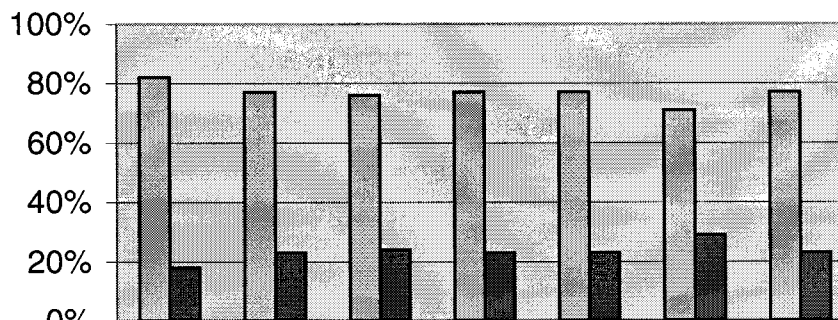
carton/papel	27%	18%	20%	24%	24%	23%
aluminio	5%	3%	2%	4%	3%	5%
plástico	11%	22%	8%	15%	10%	11%
des.comida	36%	45%	38%	45%	37%	50%
mas de dos respuestas	15%	6%	15%	12%	26%	11%
papel/comida	6%	6%	17%			

### Pregunta 7 ¿Cuántas cubetas genera al día?



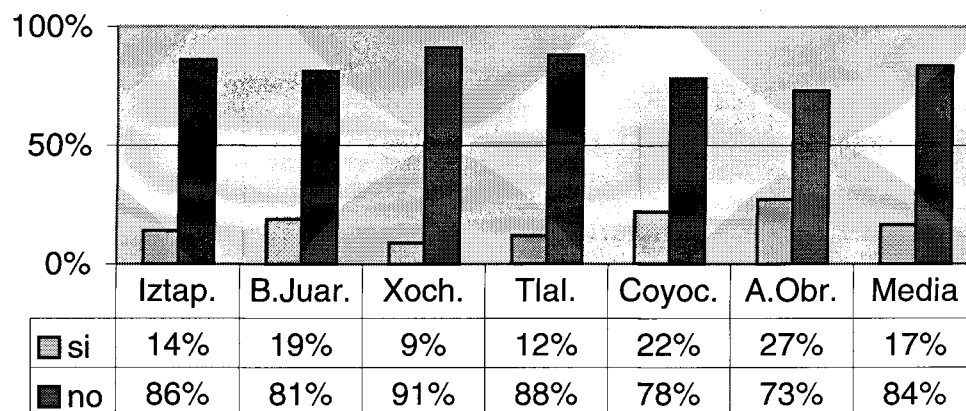
	Iztap.	B.Juar	Xoch.	Tlal.	Coyoc.	A.Obr.	Media
media	21%	14%	20%	17%	14%	10%	16%
una	37%	50%	41%	46%	44%	37%	43%
dos	24%	23%	30%	26%	32%	33%	28%
masde 3	18%	13%	9%	11%	10%	20%	12%

### Pregunta 8 ¿Conoce los beneficios de separar la basura?

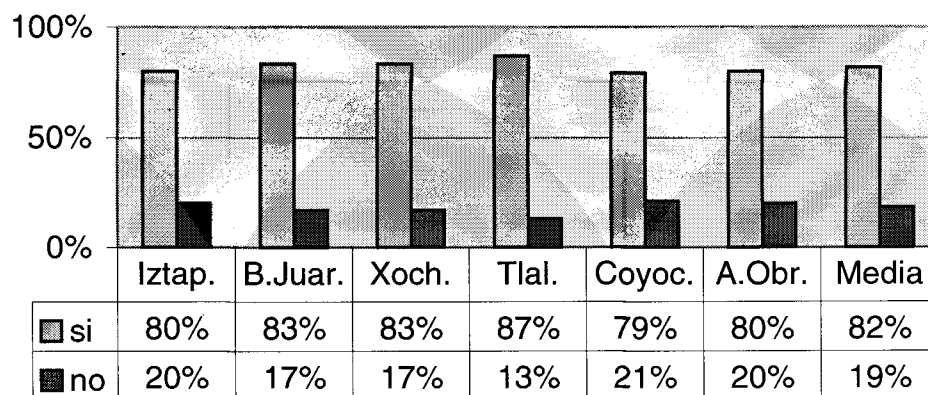


	Iztap.	B.Juar	Xoch.	Tlal.	Coyoc	A.Obr.	Media
si	82%	77%	76%	77%	77%	71%	77%
no	18%	23%	24%	23%	23%	29%	23%

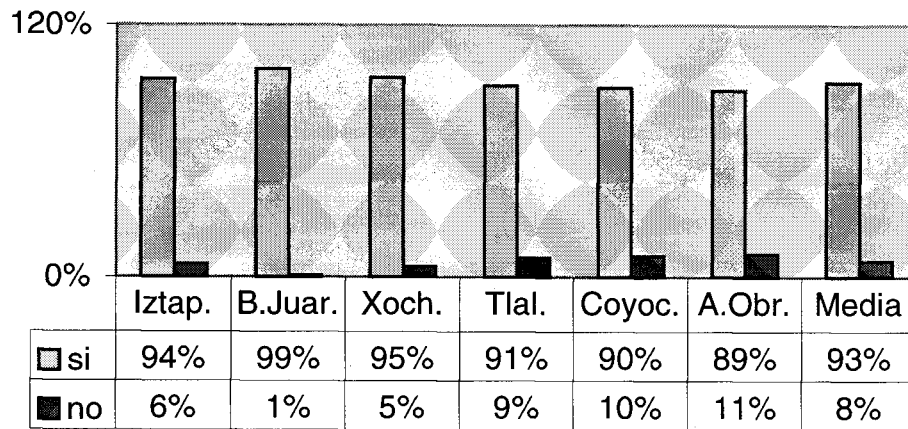
### Pregunta 9 ¿Ha habido campaña para separar la basura ?



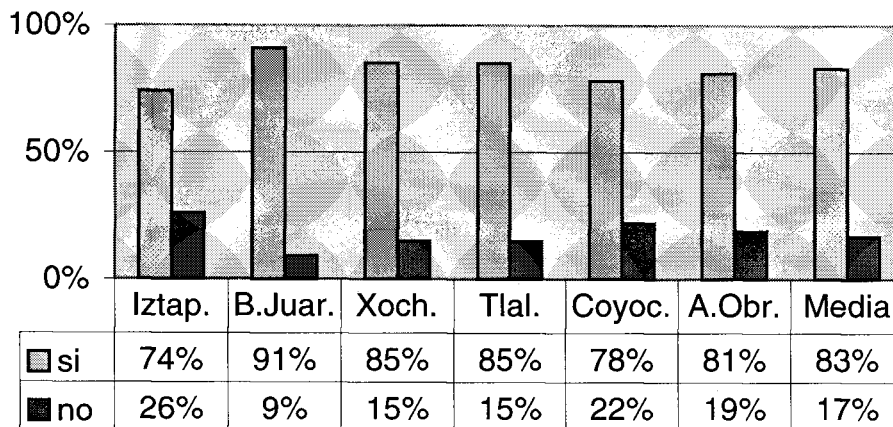
### Pregunta 10 ¿Estaría dispuesto a seprar la basura?



### Pregunta 11 ¿ Donaría su basura para un proyecto ecológico?



### Pregunta 12 ¿Le interesaría saber mas acerca de los beneficios de separar la basura?



**Encuesta de mercado.**

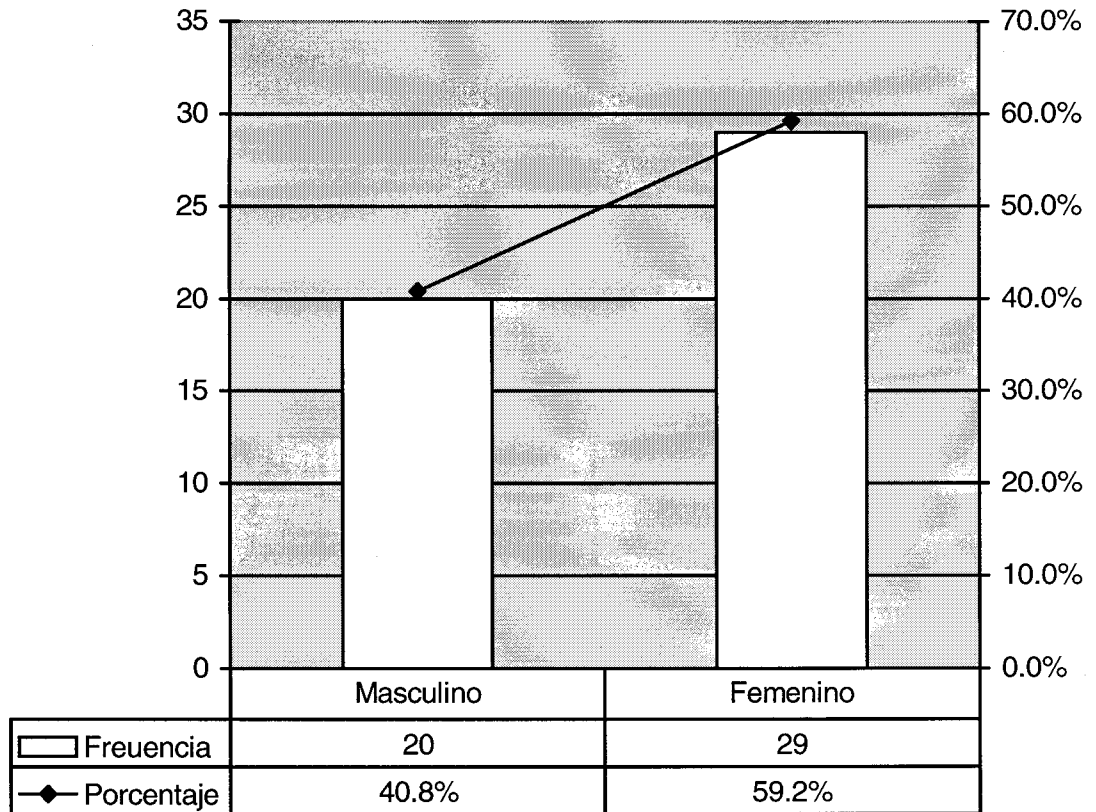
**ITESM CCM**

**FERTILIZANTE ORGANICO**

1. SEXO : F M
2. EDAD: \_\_\_\_\_
3. Ocupación : \_\_\_\_\_
4. Colonia : \_\_\_\_\_
5. Delegación: \_\_\_\_\_
6. ¿Qué fertilizante compro? \_\_\_\_\_
7. ¿Qué Marca? \_\_\_\_\_
8. ¿Que Peso? \_\_\_\_\_
9. ¿Qué Precio? \_\_\_\_\_
10. ¿Para que tipo de plantas lo utiliza? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
11. ¿Qué extensión tiene su jardín? \_\_\_\_\_
12. ¿Cuántas marcas de fertilizante conoce? \_\_\_\_\_
13. ¿Cuál es en su opinión la mejor? \_\_\_\_\_
14. ¿Porqué considera que es la mejor? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
15. ¿Porqué compra la marca que compra? (en caso que no coincida la marca con la compra) \_\_\_\_\_
16. ¿Ha oído hablar de los fertilizantes orgánicos? \_\_\_\_\_
17. ¿Conoce de sus beneficios? \_\_\_\_\_

## Resultados encuesta de mercado.

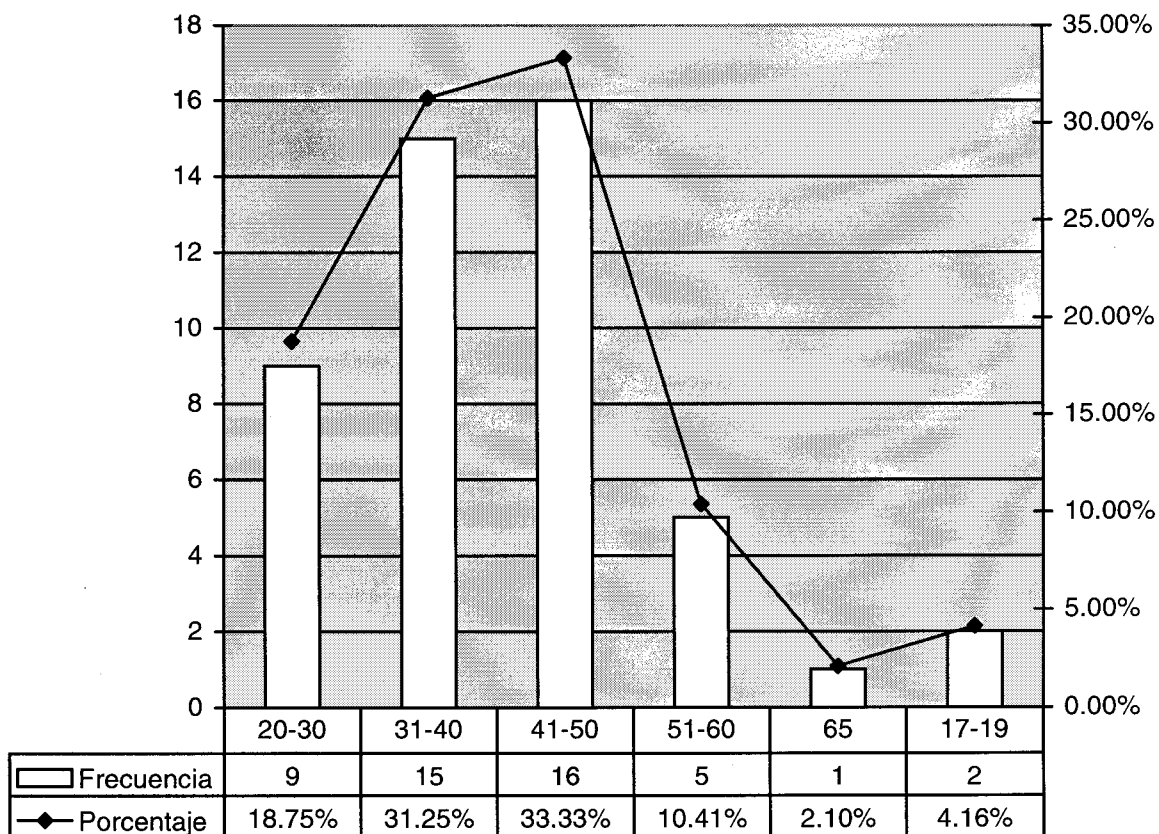
### Pregunta 1: Sexo.



### Observaciones:

El 59.2% de los encuestados son mujeres, esto podría ser una variable directa causada porque las encuestas se hicieron en supermercados y tiendas de autoservicio. Por otro lado podemos suponer que las mujeres son amas de casa y tienen más interés en el cuidado de las plantas.

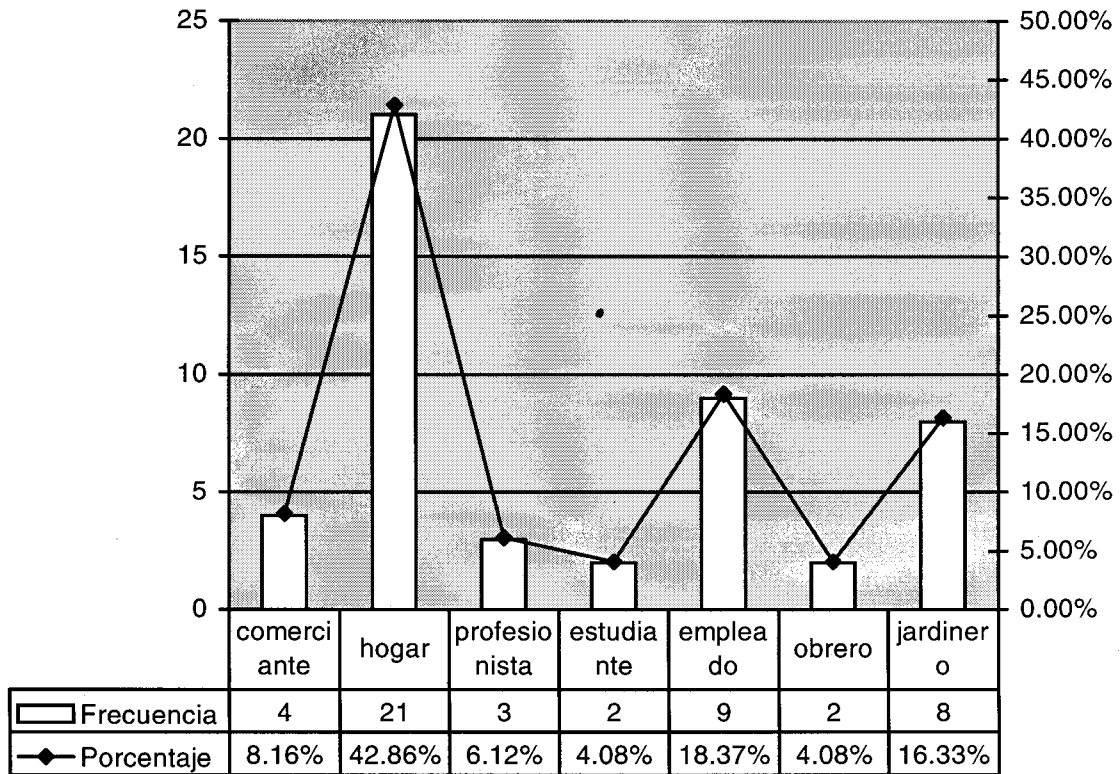
## Pregunta 2: Edad.



### Observaciones:

El 31.25% de los encuestados se encuentra entre los 31 y 40 años y el 33.33% está entre los 41 y 50 años. Esto nos dice con claridad que el 64.58% del mercado o las 2/3 partes esta compuesto por adultos entre los 30 y los 50 años. Por lo que nuestra estrategia de mercado deberá estar basada en impactar este segmento del mercado.

### Pregunta 3: Ocupación.

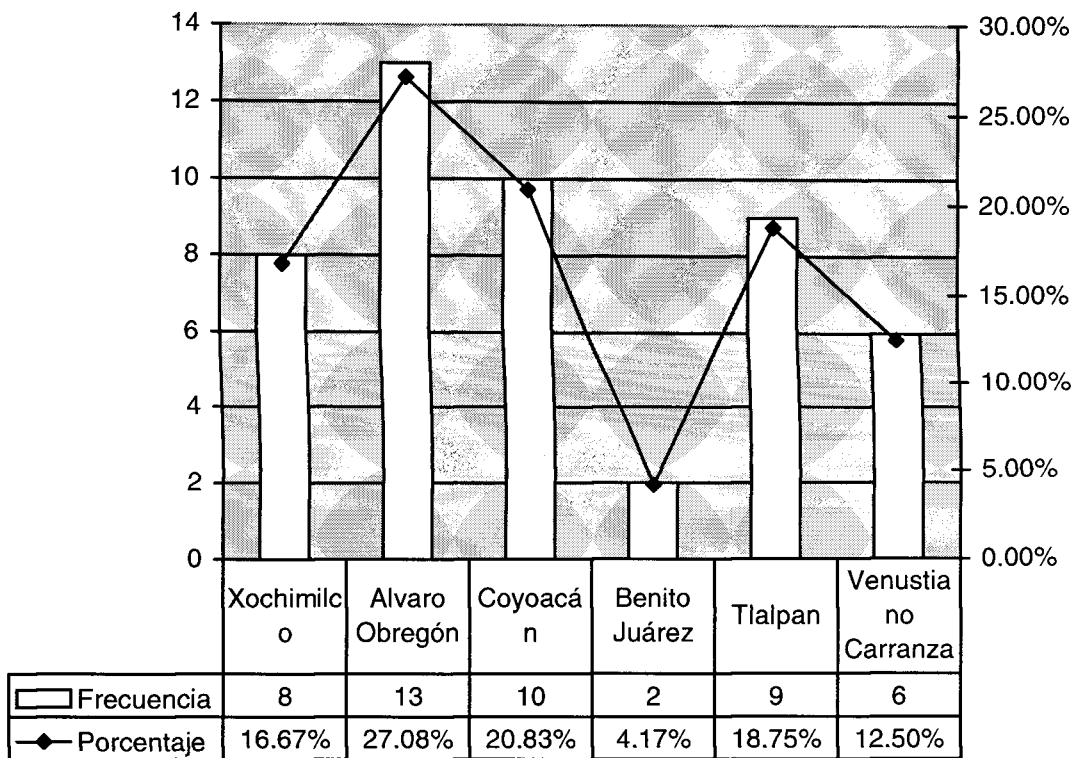


#### Observaciones:

El 42.86% de los encuestados son amas de casa, el 18.37% son empleados, y solo el 16.33% son jardineros. Esto suma el 77.3% o sea las 2/3 partes de nuestro mercado esta formado por estos tres segmentos de la población. Podría ser que los precios en las empresas encuestadas son más elevados por lo que los jardineros compran en lugares más económicos, o por mayoreo. Habría que hacer un estudio para determinar la factibilidad de vender la composta por mayoreo, para los agricultores, campos de golf, entre otros.



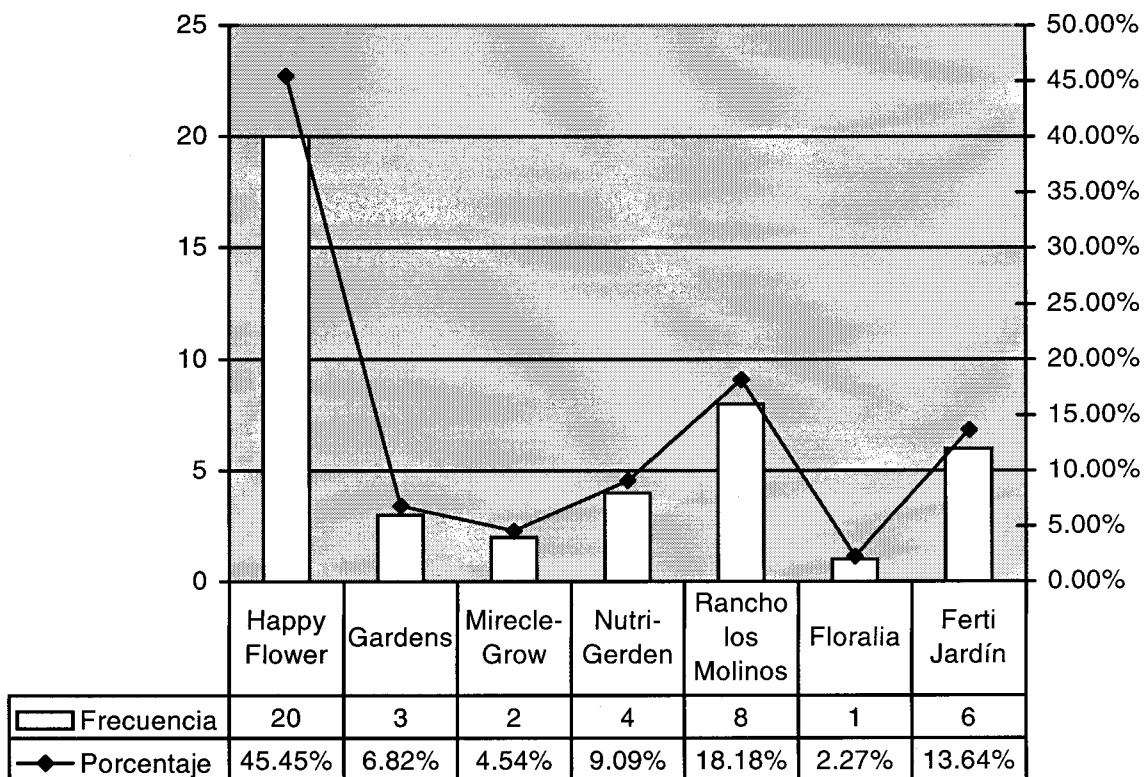
**Pregunta 4: Delegación.**



**Observaciones:**

La delegación Álvaro Obregón tiene un 27.08%, seguida por Coyoacán con un 20.83%, y Xochimilco con un 16.67% dando un total de 64.58% casi las 2/3 partes. Es claro que estas tres delegaciones están muy arboladas y la gente que vive aquí tienen un nivel económico por lo general arriba del salario mínimo.

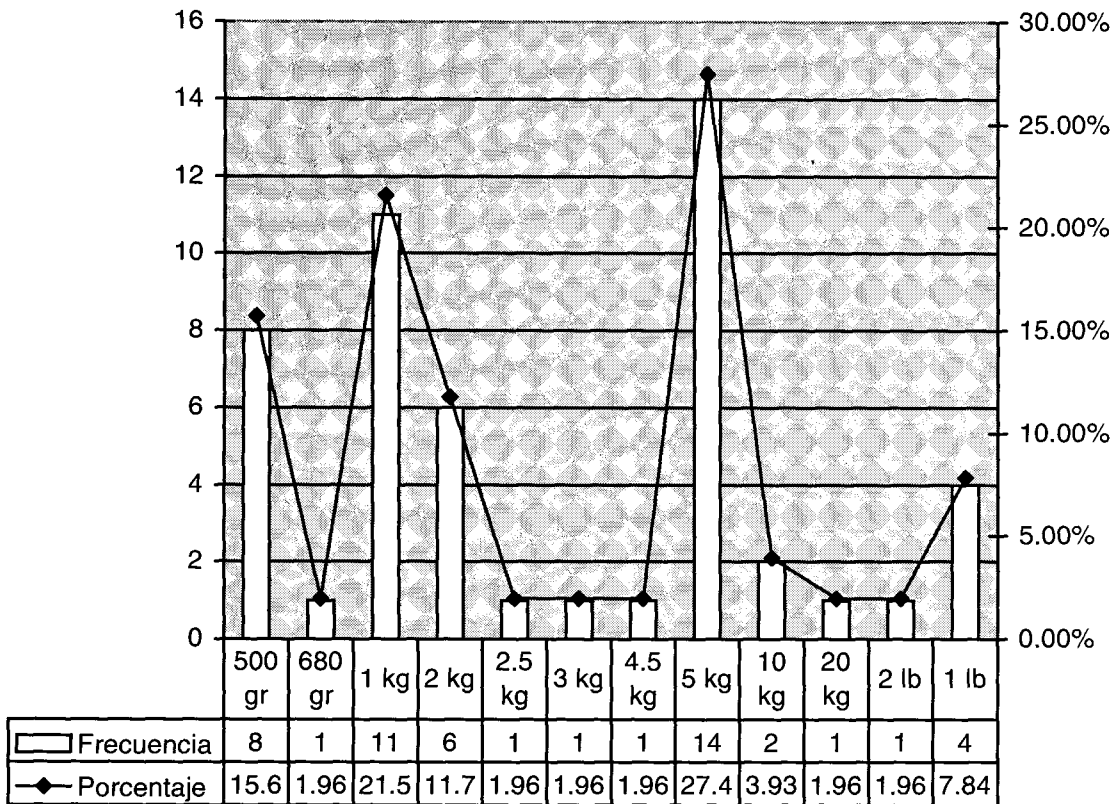
**Pregunta 5: ¿Qué marca compró?**



**Observaciones:**

El mercado esta claramente gobernado por la marca Happy Flower con un 45.45%, seguido por Rancho los Molinos con un 18.18% y Fertijardín con un 13.64%. Estas marcas se convierten en nuestros principales competidores, ya que tienen mas tiempo en mercado y son las que la gente compra.

**Pregunta 6: ¿Qué peso tiene el paquete que compró?**



**Observaciones:**

El tipo de envase preferido por este segmento de la población como se puede observar en la grafica es el de 1 kg. Ya que el 21.57% de las personas compró paquetes de 1kg y el 27.45% adquirió paquetes de 5kg. Lo que nos indica que si queremos competir en este mercado tendríamos que envasar nuestro producto en dos tipos de envases de 1 kg y de 5 kg.

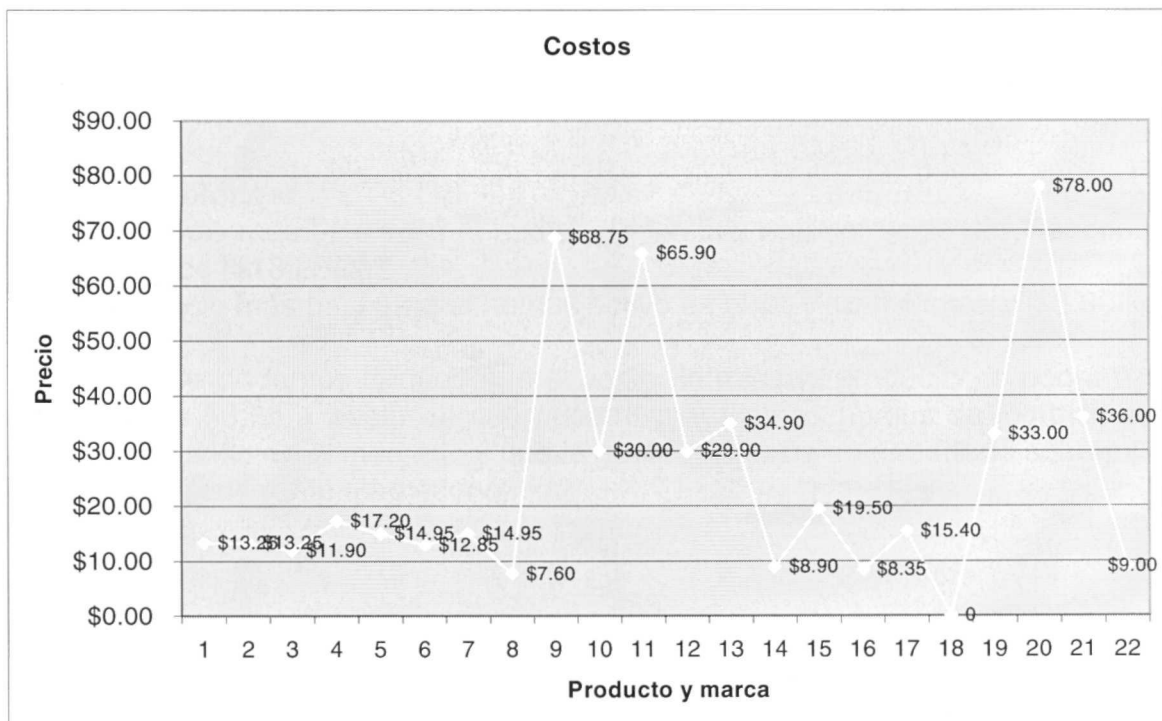
**Pregunta 7: Precio.****El precio varía dependiendo del tipo de fertilizante, la cantidad y la marca.**

<b>RANCHO LOS MOLINOS</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Humus de lombriz	\$13.25
Tierra y abono	\$13.25
Abono de borrego	\$11.90
Triple 17 p-ultra	\$17.20
<b>NUTRI GARDEN</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Triple 17	\$14.95
Abono de borrego	\$12.85
Fertilizante	\$14.95
<b>GARDENS</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Tierra para maceta	\$ 7.60
<b>MIRACLE GROW</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Fertilizante químico	\$ 68.75
<b>NATUR</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Fertilizante químico	\$30.00
<b>FLORALIA</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Sólido aplicable al suelo	\$65.90
<b>HAPPY FLOWER</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Fertilizante	\$29.90
Triple 17 plus	\$34.90
Humus activo	\$8.90
Sulfato de amonio	\$19.50
Abono de borrego	\$8.35
Tabaco en polvo	\$15.40
Abono proteinado	\$10.00
Alimento para pasto	\$33.00
Alimento para rosales	\$78.00
Alimento para plantas	\$36.00
<b>FERTIJARDÍN</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Fertilizante para jardín	\$9.00

Con esta tabla nos damos cuenta que el precio máximos y mínimos alcanzados fueron:

	Precios MAXIMOS	Precios MINIMOS
Humus de lombriz	\$ 13.25 (Rancho los molinos)	\$13.25 (Rancho los molinos)
Tierra y abono	\$ 13.25 (Rancho los molinos)	\$9.00 (Fertijardín)
Abono de borrego	\$8.35 (Happy Flower)	\$11.90(Rancho los Molinos)
Triple 17 p-ultra	\$ 34.90 (Happy Flower)	\$17.20 (Rancho los Molinos)
Fertilizante	\$ 29.90 (Happy Flower)	\$9.00 (Fertijardín)
Fertilizante químico	\$ 68.75 (Miracle Grow)	\$30.00 (Natur)
Tierra para macetas	\$ 7.60 (Gardens)	\$ 7.60 (Gardens)
Sólido aplicable al suelo	\$65.90 (Floralia)	\$65.90 (Floralia)
Humus activo	\$8.90 (Happy Flower)	\$ 8.90 (Happy Flower)
Sulfato de amonio	\$19.50 (Happy Flower)	\$19.50 (Happy Flower)
Tabaco en polvo	\$15.40 (Happy Flower)	\$15.40 (Happy Flower)
Abono proteinado	\$10 .00 (Happy Flower)	\$10 .00 (Happy Flower)
Alimento para pasto	\$33.00 (Happy Flower)	\$33.00 (Happy Flower)
Alimento para rosales	\$78.00 (Happy Flower)	\$78.00 (Happy Flower)
Alimento para plantas	\$36.00 (Happy Flower)	\$36.00 (Happy Flower)

La tabla de costos es la siguiente:



En el eje de las x la relación es la siguiente:

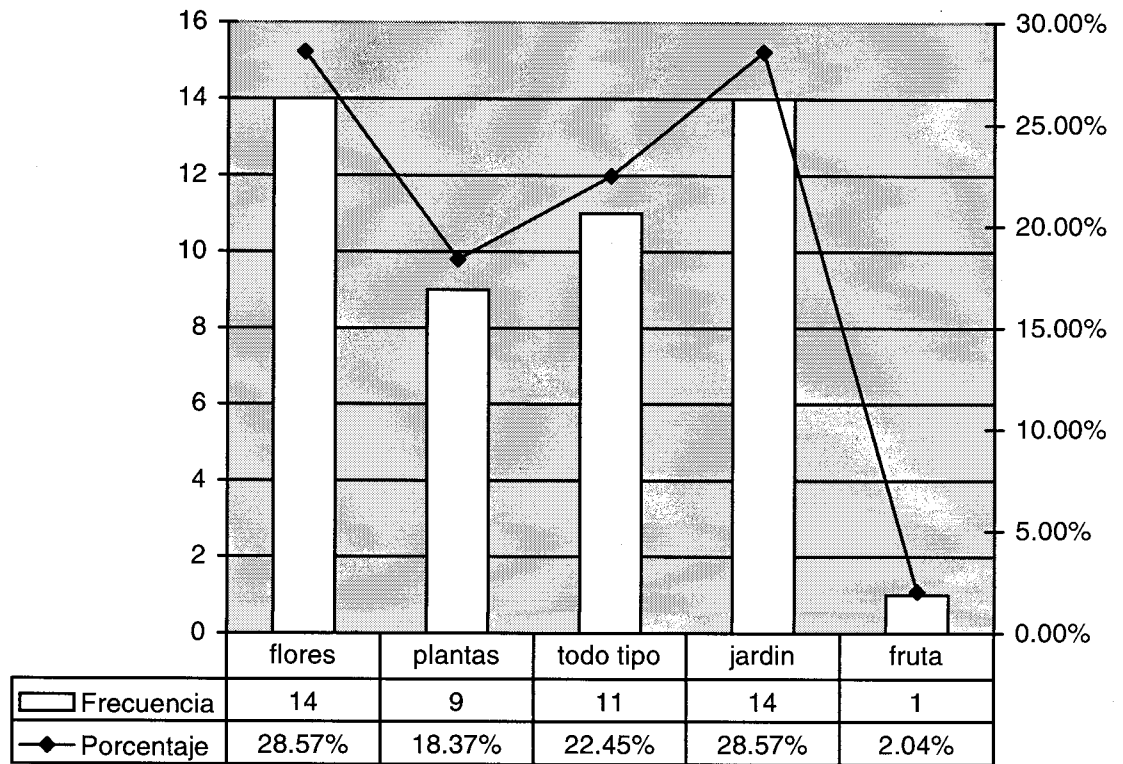
1.Humus de lombriz RANCHO LOS MOLINOS
2.Tierra y abono RANCHO LOS MOLINOS
3.Abono de borrego RANCHO LOS MOLINOS
4.Triple 17 p-ultra RANCHO LOS MOLINOS
5.Triple 17 NUTRI GARDEN
6.Abono de borrego NUTRI GARDEN
7.Fertilizante NUTRI GARDEN
8.Tierra para maceta GARDENS
9.Tierra para maceta GARDENS
10.Fertilizante químico MIRACLE GROW
11.Fertilizante químico NATUR
12.Sólido aplicable al suelo FLORALIA
13.Fertilizante HAPPY FLOWER
14.Triple 17 plus HAPPY FLOWER
15.Humus activo HAPPY FLOWER
16.Sulfato de amonia HAPPY FLOWER
17.Abono de borrego HAPPY FLOWER
18.Tabaco en polvo HAPPY FLOWER
19.Abono proteinado HAPPY FLOWER
20.Alimento para pasto HAPPY FLOWER
21.Alimento para rosales HAPPY FLOWER
22.Alimento para plantas HAPPY FLOWER
23.Fertilizante para jardín FERTIJARDÍN

**Observaciones:**

- El precio más bajo para el humus de lombriz es el ofrecido por Rancho los Molinos (\$13.25/kg).
- El precio más bajo para el humus activo es el de Happy Flowers (\$8.90/kg)

Por lo que podemos deducir que el costo de nuestro producto no podrá estar arriba de los \$8.90 a pesar de que nuestro producto es humus de lombriz, para poder introducirlo en el mercado y que la gente lo pruebe no deberá de sobrepasar el precio del fertilizante mas económico.

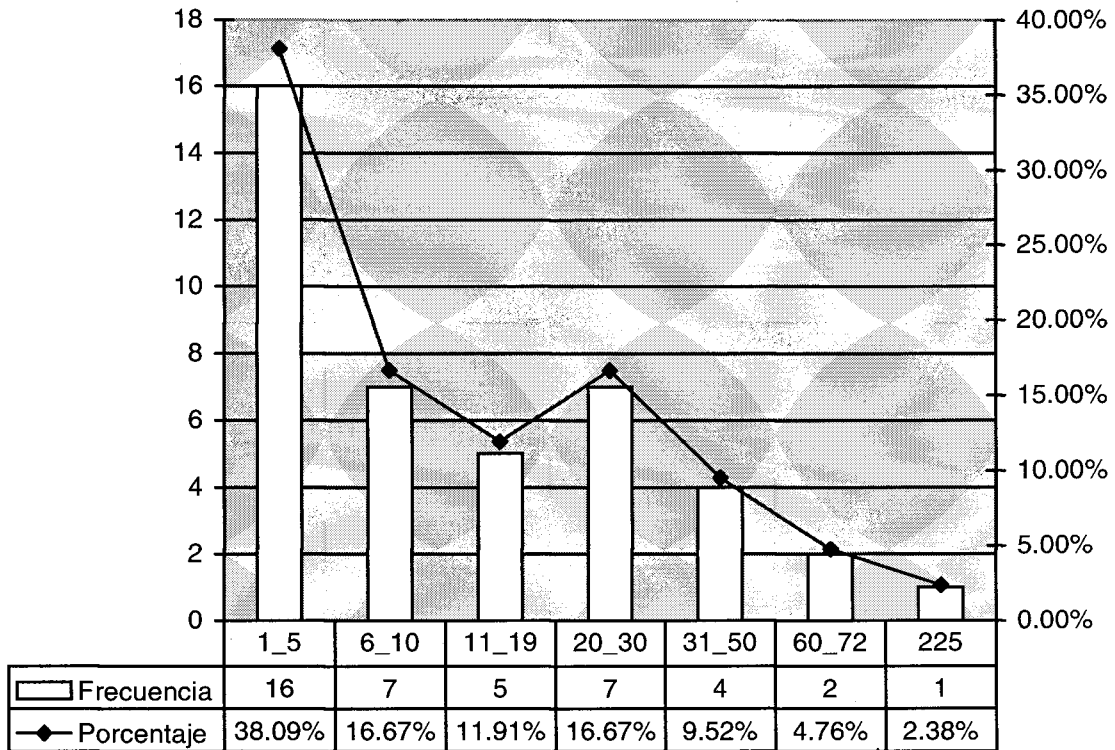
**Pregunta 8: ¿Para qué tipo de plantas lo utiliza?.**



**Observaciones:**

El fertilizante es básicamente utilizado para jardín con un 28.57%, seguido por las flores 28.57%, lo que indica que tendríamos que hacer un estudio de mercado mas extenso para poder determinar la probabilidad de venta por mayoreo en grandes extensiones de tierra agrícola, parques, bosques, campos de golf, entre otros

**Pregunta 9: ¿Qué extensión tiene su jardín? (m<sup>2</sup>).**

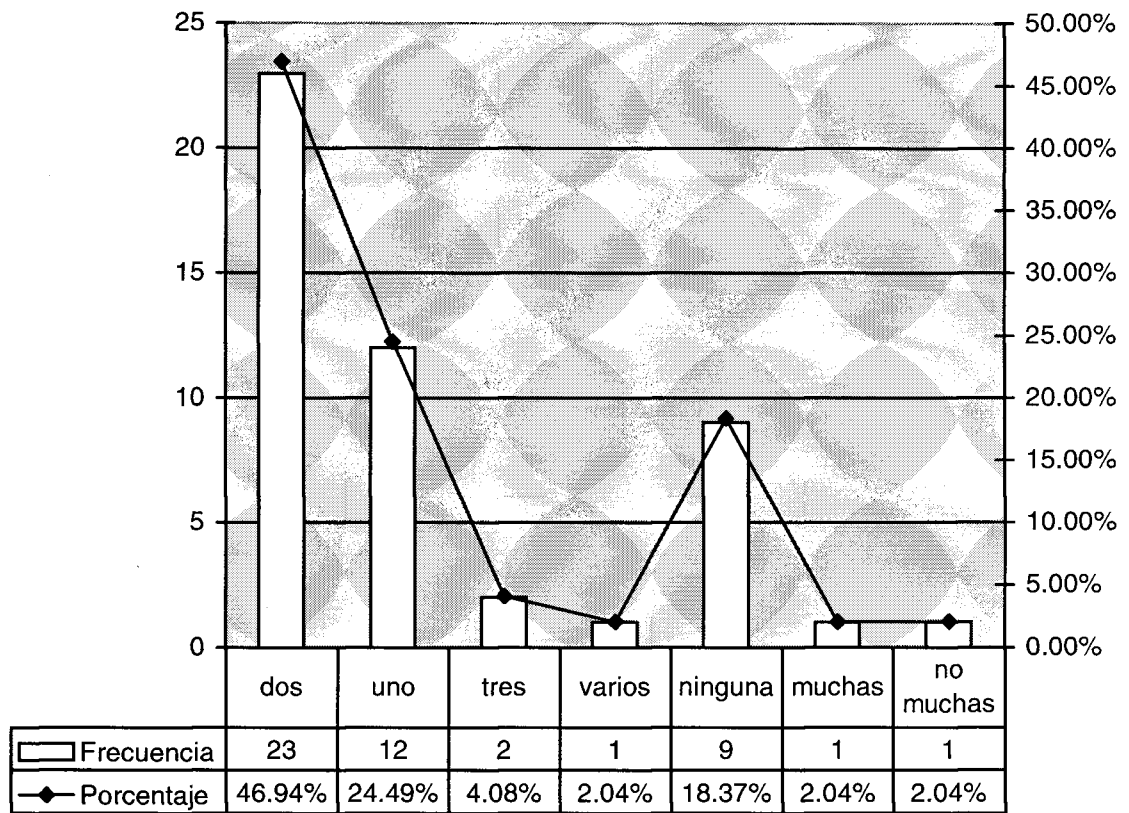


**Observaciones:**

El 38.09% de los encuestados tiene un jardín menor de 5m<sup>2</sup>. Lo que nos determina que la mayor parte de la gente tiene un jardín pequeño o macetas. Lo que coincide ya que la vivienda en la ciudad de México, cada vez es más costosa y más pequeña.



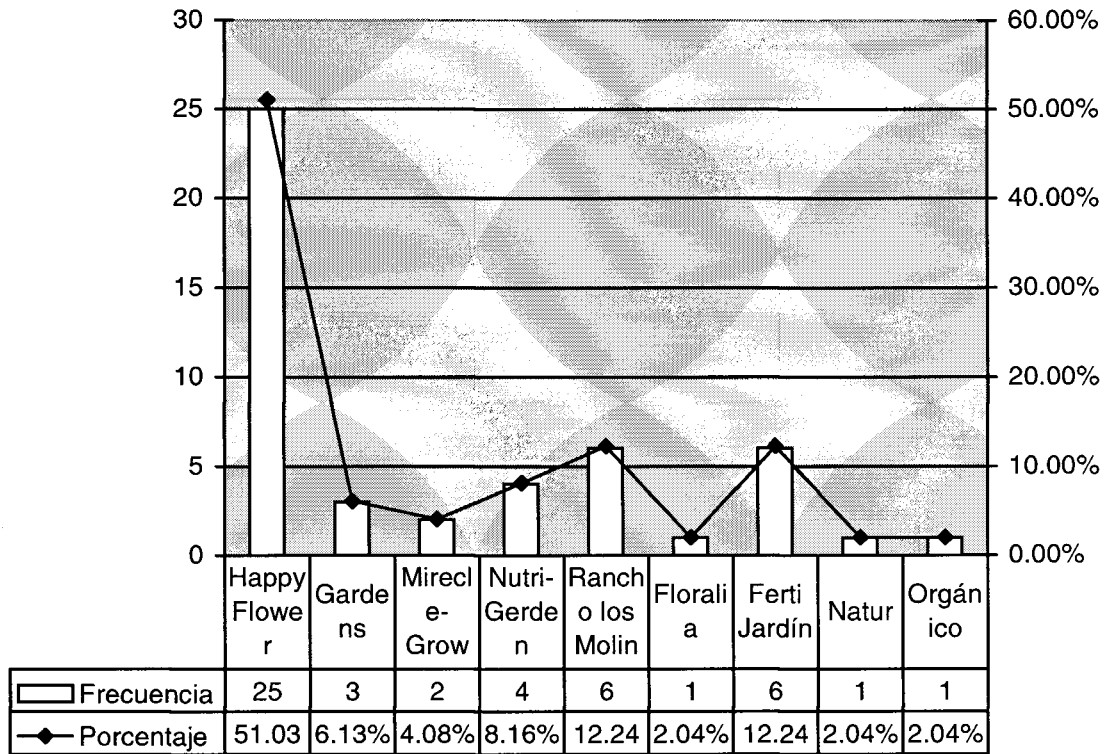
**Pregunta 10: ¿Cuántas marcas de fertilizante conoce?.**



**Observaciones:**

El 46.94% de las personas encuestadas conoce dos marcas de fertilizante lo cual coincide con la cantidad de marcas que se mas se venden en el mercado.

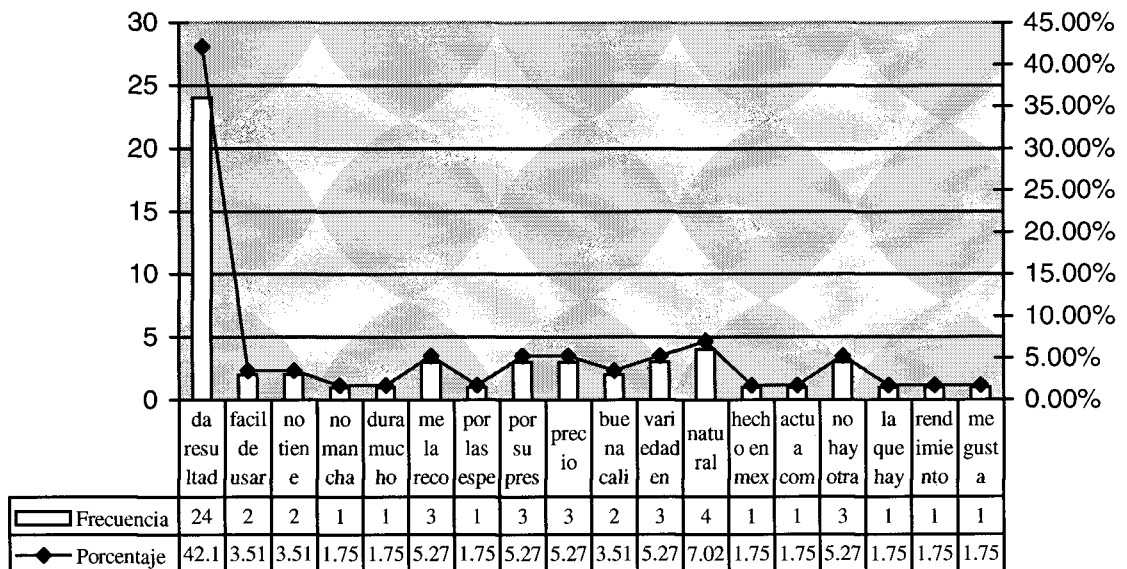
**Pregunta 11: ¿Cuál es en su opinión la mejor marca?**



**Observaciones:**

El 51.03% de las personas encuestadas considera que la marca Happy Flowers es la mejor. Esto coincide ya que esta marca es la que más se vende.

**Pregunta 11: ¿Por qué considera que es la mejor?.**

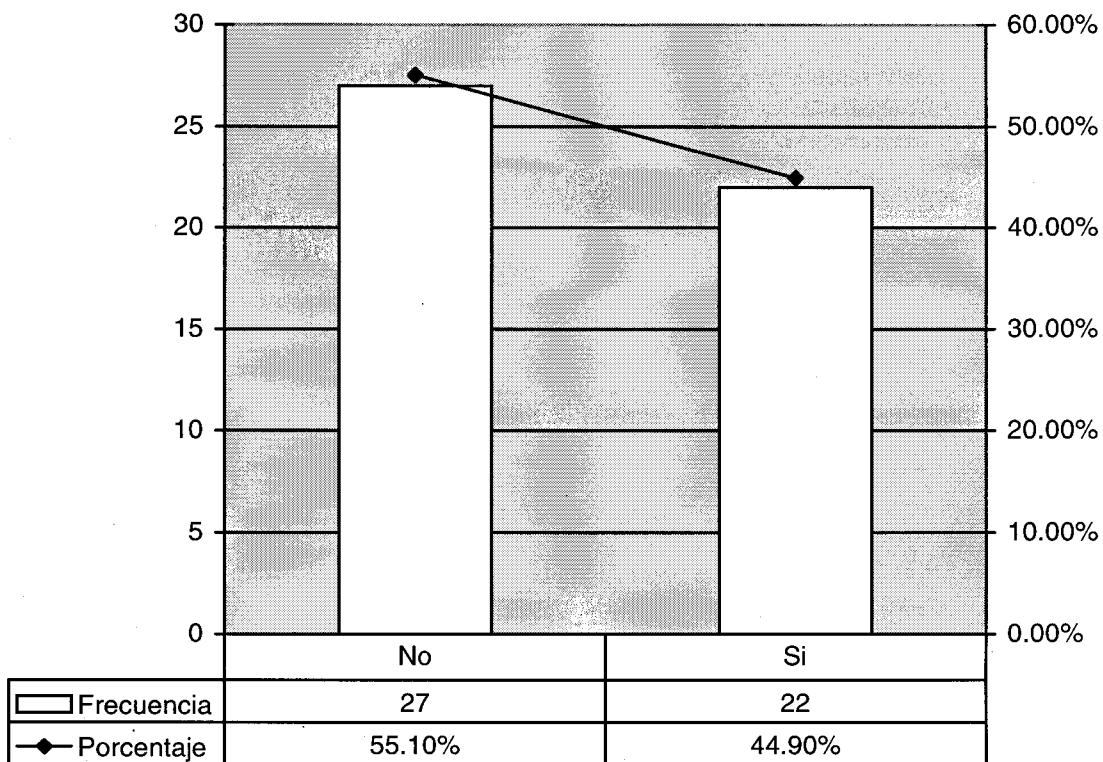


- Da resultado
- Fácil de usar
- No tiene mal olor
- No mancha
- Dura mucho
- Me la recomendaron
- Por las especificaciones
- Por su presentación
- Precio
- Buena calidad
- Variedad en productos
- Natural
- Hecho en México
- Actúa como pesticida
- No hay otras marcas
- La que hay
- Rendimiento
- Me gusta

**Observaciones:**

La característica más importante por la que la gente compra un fertilizante es “porque da resultado” y porque es “natural”, lo cual simplifica las cosas y podemos deducir que nuestro producto esta dentro del rango preferido por el público, ya que la composta cumple con las dos premisas.

**Pregunta 12: ¿Conoce el fertilizante orgánico?.**

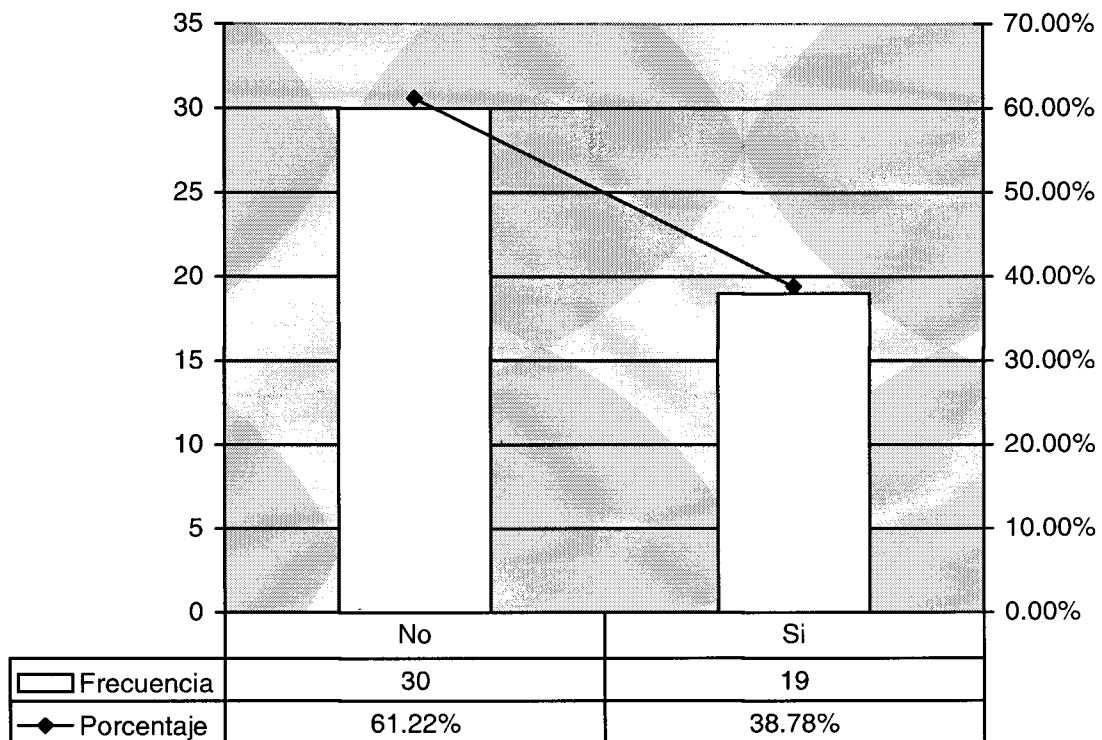


**Observaciones:**

El 55.10% de las personas encuestadas conocen que es un fertilizante orgánico.

La publicidad debe articularse sobre la información acerca del porque un fertilizante orgánico es mejor que uno mineral.

**Pregunta 13: ¿Conoce sus beneficios?**



**Observaciones:**

Más del 60% de los encuestados conoce los beneficios de los fertilizantes orgánicos y al preguntar cuales son contestaron los siguiente:

Crecen mejor
No daña la capa de ozono
No contamina
Es natural
Fertiliza mejor
Es acondicionador
No contiene químicos
Baratos

### Primer escenario de composta.

Producto	Costo	Características
Camioneta Pick up (Transmisión Manual) (Transmisión Manual y Dirección Hidráulica)	\$142,392.00 \$146,388.00	4 cilindros Capacidad de carga de 1,204 Capacidad de tanque de combustible de 60 Potencia neta hp@rpm de 134@5,200
Selladora de bolsas horizontal	\$4,350.00	Modelo WBS250-25, pedal, para sellar bolsas
Tabicón ligero	\$1,050.00	millar
Tabicón pesado	\$950.00	millar
Bulto de cemento	\$70.00	Marca Tolteca
Carro de arena	\$640.00	6m <sup>2</sup>
Cal	\$42.00	m <sup>3</sup>
Tanque de 300 L para agua	\$300.00	
Bolsas de plástico	\$0.10	2kg de tierra (rollo de 4 Kg de bolsa) 20X30cm
	\$0.50	5kg de tierra (rollo de 4 Kg de bolsa) 30X40 cm
	\$2.00	20kg de tierra (rollo de 4 Kg de bolsa) 45X 60cm
Serigrafía	\$0.50	1 tinta (20X30)
	\$1.00	1 tinta (30X40)
	\$2.00	1 tinta (45X60)
	\$0.60	3 tintas (20X30)
	\$1.20	3 tintas (30X40)
\$2.40	3 tintas (45X60)	
Caja de plástico	\$47.60	Por unidad de 73X42 cm
Termómetro ambiental	\$75.00	
Termómetro de tierra	\$95.00	
Medidores de PH	\$15.00	
Báscula	\$1,620.00	160kg
	\$565.00	5kg
Plástico para tapar pilas	\$4.00	1m <sup>2</sup>
Estructura Metálica	\$3,000.00	
Techo	\$2,500.00	
Molino	\$4,000.00	
Costo de manejo del molino	\$22.00	\$/hora
Costo de manejo de la composta	\$22.00	\$/hora
Costo de distribución (persona)	\$22.00	\$/hora
<b>Costo Fijos total de Operación</b>	<b>\$2,000.00</b>	<b>P/Mes</b>

Inversión	Cantidad	Costo unitario	Inversión total
Camioneta Pick-Up Rend (km/l) 15	1	\$142,392.00	\$142,392.00
Tambos de plástico	40	\$300.00	\$12,000.00
Máquina selladora de bolsas	1	\$4,350.00	\$4,350.00
Cajas de plástico	5	\$47.60	\$238.00
Estructura metálica	1	\$3,000.00	\$3,000.00
Techo	1	\$2,500.00	\$2,500.00
Termómetro ambiental	1	\$75.00	\$75.00
Termómetro de tierra	1	\$95.00	\$95.00
Medidores de PH	1	\$15.00	\$15.00
Báscula para 160 kg	1	\$1,620.00	\$1,620.00
Báscula para 5 kg	1	\$565.00	\$565.00
Plástico para tapar pilas (m <sup>2</sup> )	300	\$4.00	\$1,200.00
Molino	1	\$4,000.00	\$4,000.00
<b>Construcción de lechos</b>			
Tabicón pesado (unidad)	2400	\$0.95	\$2,280.00
Cemento (bultos de 40kg)	3	\$70.00	\$210.00
Cal (m <sup>3</sup> )	4	\$42.00	\$168.00
Arena (m <sup>3</sup> )	6	\$106.67	\$640.00
<b>Costo de construcción de lechos</b>			<b>\$3,298.00</b>
<b>Costo de inversión total</b>			<b>\$175,348.00</b>

Costos de materia prima		Cantidad/mes	Costo unitario	Costo total mensual
Bolsas de plástico	1 kg de tierra	76	\$0.10	\$7.57
	5 kg de tierra	196	\$0.50	\$98.01
	20 kg de tierra	72	\$2.00	\$144.43
<b>Costo total de materia prima</b>				<b>\$250.00</b>

Costos de mano de obra	Horas/día	Días/mes	Costo por hora	Costo total mensual
Costo de manejo del molino	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de manejo de la composta	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de distribución	8	30	\$22.00	\$5,280.00
<b>Costo total de mano de obra</b>				<b>\$15,840.00</b>

Costos de fabricación		Bolsa	Cantidad/mes	Costo unitario	Costo total mensual
Costo de serigrafía u offset	3 tintas	1 kg de tierra	0	\$0.60	\$0.00
		5 kg de tierra	0	\$1.20	\$0.00
		20 kg de tierra	0	\$2.40	\$0.00
	1 tinta	1 kg de tierra	76	\$0.50	\$37.83

	5 kg de tierra	196	\$1.00	\$196.01
	20 kg de tierra	72	\$2.00	\$144.43
		<b>km/semana</b>	<b>Costo/litro de gasolina</b>	<b>Costo mensual</b>
Costo de operación de la camioneta		60	\$5.40	\$86.40
Costo de mantenimiento				\$1,000.00
<b>Costo total de fabricación y operación de camioneta</b>				<b>\$1,464.67</b>

	<b>Costo mensual</b>
Costo Fijos de Operación (Diversos)	
<b>Costo Fijos total de Operación</b>	<b>\$2,000.00</b>
<b>Inversión total</b>	<b>\$175,348.00</b>
<b>Costo total mensual</b>	<b>\$19,554.67</b>
<b>Costo unitario (\$/kg de humus)</b>	<b>\$7.82</b>



<b>Utilidad deseada (%)</b>		<b>28%</b>
<b>Estimación de venta (unidades por mes)</b>	Bolsa de 1 kg de humus	<b>76</b>
	Bolsa de 5 kg de humus	<b>196</b>
	Bolsa de 20 kg de humus	<b>72</b>
<b>Precio al público</b>	Bolsa de 1 kg de humus	<b>\$10.00</b>
	Bolsa de 5 kg de humus	<b>\$50.00</b>
	Bolsa de 20 kg de humus	<b>\$200.00</b>
<b>Venta total mensual</b>		<b>\$25,000.00</b>
<b>Costo Total mensual</b>		<b>\$19,554.67</b>
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>\$5,445.33</b>
<b>Utilidad después de Impuestos</b>		<b>\$4,084.00</b>
<b>Inversión Inicial</b>		<b>\$175,348.00</b>
<b>Costo de Capital + Riesgo de inversión %</b>		<b>25%</b>
<b>Tiempo de retorno de inversión (meses)</b>		<b>110.00</b>
<b>Tiempo de retorno de inversión (años)</b>		<b>9.00</b>

<b>Costo por Bolsa</b>	
10	<b>\$7.82</b>
	<b>\$39.11</b>
	<b>\$156.44</b>

costo de la competencia \$13.25

Sin el costo de capital

**Sin el costo de capital**  
**Si vendemos el 23% de la capacidad de producción no podremos vender a precios competitivos de \$10 por Kg. Por lo tanto tenemos que vender al menos 2083Kg al mes para poder tener un margen del 8% y recuperando la inversión en 13 años.**

Capacidad de Producción Trimestral	25	Ton				
Meses de Producción	3	Meses				
Producción mensual	8,333	Kg	1,917			
Probabilidad de venta	30%	probabilidad mínima de venta por utilidad				
	2,500	Kg	Dist	Prop	Kg p/Bolsa	Total de Bolsas
Bolsa de 1 kg de humus	22%	1	0.22	0.0303	76	76
Bolsa de 5 kg de humus	57%	5	2.85	0.3920	980	196
Bolsa de 20 kg de humus	21%	20	4.20	0.5777	1,444	72
			7.27			<b>344</b>

**Con el costo de capital del 25% ( coto de capital + riesgo de inversión)**  
**Si vendemos el 30% de la capacidad de producción podremos vender a precios competitivos de \$10 por Kg. Por lo tanto tenemos que vender al menos 2500Kg al mes para poder tener un margen del 28% y recuperando la inversión en 9 años.**

<b>Inversión Inicial</b>	175,348
<b>Costo de Capital %</b>	25%
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	\$5,445.33
<b>Utilidad después de Impuestos</b>	\$4,084.00

<b>Amort mensual</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Intereses</b>	<b>Pago a capital</b>	<b>Monto Final</b>
1	175,348	\$3,653	\$431	174,917
2	174,917	\$3,644	\$440	174,477
3	174,477	\$3,635	\$449	174,028
4	174,028	\$3,626	\$458	173,570
5	173,570	\$3,616	\$468	173,102
6	173,102	\$3,606	\$478	172,624
7	172,624	\$3,596	\$488	172,136
8	172,136	\$3,586	\$498	171,639
9	171,639	\$3,576	\$508	171,130
10	171,130	\$3,565	\$519	170,612
11	170,612	\$3,554	\$530	170,082
12	170,082	\$3,543	\$541	169,541
13	169,541	\$3,532	\$552	168,989
14	168,989	\$3,521	\$563	168,426
15	168,426	\$3,509	\$575	167,851
16	167,851	\$3,497	\$587	167,264
17	167,264	\$3,485	\$599	166,665
18	166,665	\$3,472	\$612	166,053
19	166,053	\$3,459	\$625	165,428
20	165,428	\$3,446	\$638	164,791
21	164,791	\$3,433	\$651	164,140
22	164,140	\$3,420	\$664	163,475
23	163,475	\$3,406	\$678	162,797
24	162,797	\$3,392	\$692	162,105
25	162,105	\$3,377	\$707	161,398
26	161,398	\$3,362	\$722	160,676
27	160,676	\$3,347	\$737	159,940
28	159,940	\$3,332	\$752	159,188
29	159,188	\$3,316	\$768	158,420
30	158,420	\$3,300	\$784	157,637
31	157,637	\$3,284	\$800	156,837
32	156,837	\$3,267	\$817	156,020
33	156,020	\$3,250	\$834	155,186
34	155,186	\$3,233	\$851	154,336
35	154,336	\$3,215	\$869	153,467
36	153,467	\$3,197	\$887	152,580
37	152,580	\$3,179	\$905	151,675
38	151,675	\$3,160	\$924	150,751
39	150,751	\$3,141	\$943	149,807
40	149,807	\$3,121	\$963	148,844
41	148,844	\$3,101	\$983	147,861
42	147,861	\$3,080	\$1,004	146,858
43	146,858	\$3,060	\$1,024	145,833
44	145,833	\$3,038	\$1,046	144,787

<b>Amort mensual</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Intereses</b>	<b>Pago a capital</b>	<b>Monto Final</b>
45	144,787	<b>\$3,016</b>	\$1,068	143,720
46	143,720	<b>\$2,994</b>	\$1,090	142,630
47	142,630	<b>\$2,971</b>	\$1,113	141,517
48	141,517	<b>\$2,948</b>	\$1,136	140,382
49	140,382	<b>\$2,925</b>	\$1,159	139,222
50	139,222	<b>\$2,900</b>	\$1,184	138,039
51	138,039	<b>\$2,876</b>	\$1,208	136,831
52	136,831	<b>\$2,851</b>	\$1,233	135,597
53	135,597	<b>\$2,825</b>	\$1,259	134,338
54	134,338	<b>\$2,799</b>	\$1,285	133,053
55	133,053	<b>\$2,772</b>	\$1,312	131,741
56	131,741	<b>\$2,745</b>	\$1,339	130,402
57	130,402	<b>\$2,717</b>	\$1,367	129,034
58	129,034	<b>\$2,688</b>	\$1,396	127,638
59	127,638	<b>\$2,659</b>	\$1,425	126,214
60	126,214	<b>\$2,629</b>	\$1,455	124,759
61	124,759	<b>\$2,599</b>	\$1,485	123,274
62	123,274	<b>\$2,568</b>	\$1,516	121,758
63	121,758	<b>\$2,537</b>	\$1,547	120,211
64	120,211	<b>\$2,504</b>	\$1,580	118,631
65	118,631	<b>\$2,471</b>	\$1,613	117,019
66	117,019	<b>\$2,438</b>	\$1,646	115,373
67	115,373	<b>\$2,404</b>	\$1,680	113,692
68	113,692	<b>\$2,369</b>	\$1,715	111,977
69	111,977	<b>\$2,333</b>	\$1,751	110,226
70	110,226	<b>\$2,296</b>	\$1,788	108,438
71	108,438	<b>\$2,259</b>	\$1,825	106,613
72	106,613	<b>\$2,221</b>	\$1,863	104,750
73	104,750	<b>\$2,182</b>	\$1,902	102,849
74	102,849	<b>\$2,143</b>	\$1,941	100,907
75	100,907	<b>\$2,102</b>	\$1,982	98,926
76	98,926	<b>\$2,061</b>	\$2,023	96,903
77	96,903	<b>\$2,019</b>	\$2,065	94,837
78	94,837	<b>\$1,976</b>	\$2,108	92,729
79	92,729	<b>\$1,932</b>	\$2,152	90,577
80	90,577	<b>\$1,887</b>	\$2,197	88,380
81	88,380	<b>\$1,841</b>	\$2,243	86,137
82	86,137	<b>\$1,795</b>	\$2,289	83,848
83	83,848	<b>\$1,747</b>	\$2,337	81,511
84	81,511	<b>\$1,698</b>	\$2,386	79,125
85	79,125	<b>\$1,648</b>	\$2,436	76,689
86	76,689	<b>\$1,598</b>	\$2,486	74,203
87	74,203	<b>\$1,546</b>	\$2,538	71,665
88	71,665	<b>\$1,493</b>	\$2,591	69,074
89	69,074	<b>\$1,439</b>	\$2,645	66,429
90	66,429	<b>\$1,384</b>	\$2,700	63,729

<b>Amort mensual</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Intereses</b>	<b>Pago a capital</b>	<b>Monto Final</b>
91	63,729	<b>\$1,328</b>	\$2,756	60,973
92	60,973	<b>\$1,270</b>	\$2,814	58,159
93	58,159	<b>\$1,212</b>	\$2,872	55,286
94	55,286	<b>\$1,152</b>	\$2,932	52,354
95	52,354	<b>\$1,091</b>	\$2,993	49,361
96	49,361	<b>\$1,028</b>	\$3,056	46,305
97	46,305	<b>\$965</b>	\$3,119	43,186
98	43,186	<b>\$900</b>	\$3,184	40,002
99	40,002	<b>\$833</b>	\$3,251	36,751
100	36,751	<b>\$766</b>	\$3,318	33,433
101	33,433	<b>\$697</b>	\$3,387	30,045
102	30,045	<b>\$626</b>	\$3,458	26,587
103	26,587	<b>\$554</b>	\$3,530	23,057
104	23,057	<b>\$480</b>	\$3,604	19,453
105	19,453	<b>\$405</b>	\$3,679	15,775
106	15,775	<b>\$329</b>	\$3,755	12,019
107	12,019	<b>\$250</b>	\$3,834	8,186
108	8,186	<b>\$171</b>	\$3,913	4,272
109	4,272	<b>\$89</b>	\$3,995	277
110	277	<b>\$6</b>	\$4,078	-3,801

<b>RANCHO LOS MOLINOS</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Humus de lombriz	\$13.25
Tierra y abono	\$13.25
Abono de borrego	\$11.90
Triple 17 p-ultra	\$17.20
<b>NUTRI GARDEN</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Triple 17	\$14.95
Abono de borrego	\$12.85
Fertilizante	\$14.95
<b>GARDENS</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Tierra para maceta	\$7.60
<b>MIRACLE GROW</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Fertilizante químico	\$68.75
<b>NATUR</b>	
Fertilizante químico	\$30.00
<b>FLORALIA</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Sólido aplicable al suelo	\$65.90
<b>HAPPY FLOWER</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Fertilizante	\$29.90
Triple 17 plus	\$34.90
Humus activo	\$8.90
Sulfato de amonia	\$19.50
Abono de borrego	\$8.35
Tabaco en polvo	\$15.40
Abono proteinado	\$10.00
Alimento para pasto	\$33.00
Alimento para rosales	\$78.00
Alimento para plantas	\$36.00
<b>FERTIJARDÍN</b>	<b>PRECIO (por 1 Kg)</b>
Fertilizante para jardín	\$9.00

	Precios MÁXIMOS	Precios MINIMOS
Humus de lombriz	\$ 13.25 (Rancho los molinos)	\$13.25 (Rancho los molinos)
Tierra y abono	\$ 13.25 (Rancho los molinos)	\$9.00 (Fertijardín)
Abono de borrego	\$8.35 (Happy Flower)	\$11.90 (Rancho los Molinos)
Triple 17 p-ultra	\$ 34.90 (Happy Flower)	\$17.20 (Rancho los Molinos)
Fertilizante	\$ 29.90 (Happy Flower)	\$9.00 (Fertijardín)
Fertilizante químico	\$ 68.75 (Miracle Grow)	\$30.00 (Natur)
Tierra para macetas	\$ 7.60 (Gardens)	\$ 7.60 (Gardens)
Sólido aplicable al suelo	\$65.90 (Floralia)	\$65.90 (Floralia)
Humus activo	\$8.90 (Happy Flower)	\$ 8.90 (Happy Flower)
Sulfato de amonio	\$19.50 (Happy Flower)	\$19.50 (Happy Flower)
Tabaco en polvo	\$15.40 (Happy Flower)	\$15.40 (Happy Flower)
Abono proteinado	\$10 .00 (Happy Flower)	\$10 .00 (Happy Flower)

## Segundo escenario de composta.

Inversión	Cantidad	Costo unitario	Inversión total
Camioneta Pick-Up Rend (km/l) 15	1	\$142,392.00	\$142,392.00
Tambos de plástico	40	\$300.00	\$12,000.00
Máquina selladora de bolsas	1	\$4,350.00	\$4,350.00
Cajas de plástico	5	\$47.60	\$238.00
Estructura metálica	1	\$3,000.00	\$3,000.00
Techo	1	\$2,500.00	\$2,500.00
Termómetro ambiental	1	\$75.00	\$75.00
Termómetro de tierra	1	\$95.00	\$95.00
Medidores de PH	1	\$15.00	\$15.00
Báscula para 160 kg	1	\$1,620.00	\$1,620.00
Báscula para 5 kg	1	\$565.00	\$565.00
Plástico para tapar pilas (m <sup>2</sup> )	300	\$4.00	\$1,200.00
Molino	1	\$4,000.00	\$4,000.00
<b>Construcción de lechos</b>			
Tabicón pesado (unidad)	2400	\$0.95	\$2,280.00
Cemento (bultos de 40kg)	3	\$70.00	\$210.00
Cal (m <sup>3</sup> )	4	\$42.00	\$168.00
Arena (m <sup>3</sup> )	6	\$106.67	\$640.00
<b>Costo de construcción de lechos</b>			<b>\$3,298.00</b>
<b>Costo de inversión total</b>			<b>\$175,348.00</b>

Costos de materia prima		Cantidad/mes	Costo unitario	Costo total mensual
Bolsas de plástico	1 kg de tierra	139	\$0.10	\$13.87
	5 kg de tierra	359	\$0.50	\$179.68
	20 kg de tierra	132	\$2.00	\$264.79
<b>Costo total de materia prima</b>				<b>\$458.33</b>

Costos de mano de obra	Horas/día	Días/mes	Costo por hora	Costo total mensual
Costo de manejo del molino	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de manejo de la composta	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de distribución	8	30	\$22.00	\$5,280.00
<b>Costo total de mano de obra</b>				<b>\$15,840.00</b>

Costos de fabricación		Bolsa	Cantidad/mes	Costo unitario	Costo total mensual
Costo de serigrafía u offset	3 tintas	1 kg de tierra	0	\$0.60	\$0.00
		5 kg de tierra	0	\$1.20	\$0.00
		20 kg de tierra	0	\$2.40	\$0.00
	1 tinta	1 kg de tierra	139	\$0.50	\$69.35
		5 kg de tierra	359	\$1.00	\$359.35
		20 kg de tierra	132	\$2.00	\$264.79
			km/semana	Costo/litro de gasolina	Costo mensual
Costo de operación de la camioneta			60	\$5.40	\$86.40
Costo de mantenimiento					\$1,000.00
<b>Costo total de fabricación y operación de camioneta</b>					<b>\$1,779.89</b>

	Costo mensual
Costo Fijos de Operación (Diversos)	
<b>Costo Fijos total de Operación</b>	<b>\$2,000.00</b>

<b>Inversión total</b>	<b>\$175,348.00</b>
<b>Costo total mensual</b>	<b>\$20,078.22</b>
<b>Costo unitario (\$/kg de humus)</b>	<b>\$4.38</b>



<b>Utilidad deseada (%)</b>		<b>128%</b>				
<b>Estimación de venta (unidades por mes)</b>	Bolsa de 1 kg de humus	<b>139</b>				
	Bolsa de 5 kg de humus	<b>359</b>				
	Bolsa de 20 kg de humus	<b>132</b>				
<b>Precio al público</b>	Bolsa de 1 kg de humus	<b>\$10.00</b>				
	Bolsa de 5 kg de humus	<b>\$50.00</b>				
	Bolsa de 20 kg de humus	<b>\$200.00</b>				
<b>Venta total mensual</b>		<b>\$45,833.33</b>				
<b>Costo Total mensual</b>		<b>\$20,078.22</b>				
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>\$25,755.11</b>				
<b>Utilidad después de Impuestos</b>		<b>\$19,316.33</b>				
<b>Inversión Inicial</b>		<b>\$175,348.00</b>				
<b>Costo de Capital + Riesgo de inversión %</b>		<b>25%</b>				
<b>Tiempo de retorno de inversión (meses)</b>		<b>9.00</b>				
<b>Tiempo de retorno de inversión (años)</b>		<b>1.00</b>				
<b>Capacidad de Producción Trimestral</b>	25	Ton				
<b>Meses de Producción</b>	3	Meses				
<b>Producción mensual</b>	8,333	Kg	1,917			
<b>Probabilidad de venta</b>	55%					
	4,583	Kg	Dist	Prop	Kg p/Bolsa	Total de Bolsas
Bolsa de 1 kg de humus	22%	1	0.22	0.0303	139	139
Bolsa de 5 kg de humus	57%	5	2.85	0.3920	1,797	359
Bolsa de 20 kg de humus	21%	20	4.20	0.5777	2,648	132
			7.27			630
<p><b>Con el costo de capital del 25% ( costo de capital + riesgo de inversión)</b>  <b>Si vendemos el 55% de la capacidad de producción podremos vender</b>  <b>a precios competitivos de \$10 por Kg. Por lo tanto venderemos</b>  <b>4,583Kg al mes tendríamos una utilidad deseada de 128%</b>  <b>recuperando la inversión en 1 años</b></p>						

**Costo por Bolsa**

10	<b>\$4.38</b>
	<b>\$21.90</b>
	<b>\$87.61</b>

**costo de la competencia \$13.25**

**Sin el costo de capital**

<b>Inversión Inicial</b>	175,348
<b>Costo de Capital %</b>	25%
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	\$25,755.11
<b>Utilidad después de Impuestos</b>	\$19,316.33

<b>Amort mensual</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Intereses</b>	<b>Pago a capital</b>	<b>Monto Final</b>
1	175,348	<b>\$3,653</b>	\$15,663	159,685
2	159,685	<b>\$3,327</b>	\$15,990	143,695
3	143,695	<b>\$2,994</b>	\$16,323	127,372
4	127,372	<b>\$2,654</b>	\$16,663	110,710
5	110,710	<b>\$2,306</b>	\$17,010	93,700
6	93,700	<b>\$1,952</b>	\$17,364	76,336
7	76,336	<b>\$1,590</b>	\$17,726	58,610
8	58,610	<b>\$1,221</b>	\$18,095	40,514
9	40,514	<b>\$844</b>	\$18,472	22,042

### Primer escenario de lombricomposta.

Inversión	Cantidad	Costo unitario	Inversión total
Camioneta Pick-Up Rend (km/l) 15	1	\$142,392.00	\$142,392.00
Tambos de plástico	40	\$300.00	\$12,000.00
lombrices	168	\$300.00	\$50,400.00
Máquina selladora de bolsas	1	\$4,350.00	\$4,350.00
Cajas de plástico	5	\$47.60	\$238.00
Estructura metálica	1	\$3,000.00	\$3,000.00
Techo	1	\$2,500.00	\$2,500.00
Termómetro ambiental	1	\$75.00	\$75.00
Termómetro de tierra	1	\$95.00	\$95.00
Medidores de PH	1	\$15.00	\$15.00
Báscula para 160 kg	1	\$1,620.00	\$1,620.00
Báscula para 5 kg	1	\$565.00	\$565.00
Plástico para tapar pilas (m <sup>2</sup> )	300	\$4.00	\$1,200.00
Molino	1	\$4,000.00	\$4,000.00
<b>Construcción de lechos</b>			
Tabicón pesado (unidad)	2400	\$0.95	\$2,280.00
Cemento (bultos de 40kg)	3	\$70.00	\$210.00
Cal (m <sup>3</sup> )	4	\$42.00	\$168.00
Arena (m <sup>3</sup> )	6	\$106.67	\$640.00
			<b>\$3,298.00</b>
<b>Costo de construcción de lechos</b>			
<b>Costo de inversión total</b>			<b>\$225,748.00</b>

Costos de materia prima		Cantidad/ mes	Costo unitario	Costo total mensual
Bolsas de plástico	1 kg de tierra	88	\$0.10	\$8.83
	5 kg de tierra	229	\$0.50	\$114.34
	20 kg de tierra	84	\$2.00	\$168.50
<b>Costo total de materia prima</b>				<b>\$291.67</b>

Costos de mano de obra	Horas/día	Días/mes	Costo por hora	Costo total mensual
Costo de manejo del molino	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de manejo de la composta	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de distribución	8	30	\$22.00	\$5,280.00
<b>Costo total de mano de obra</b>				<b>\$15,840.00</b>

Costos de fabricación		Bolsa	Cantidad/ mes	Costo unitario	Costo total mensual
Costo de serigrafía u offset	3 tintas	1 kg de tierra	0	\$0.60	\$0.00
		5 kg de tierra	0	\$1.20	\$0.00
		20 kg de tierra	0	\$2.40	\$0.00
	1 tinta	1 kg de tierra	88	\$0.50	\$44.13
		5 kg de tierra	229	\$1.00	\$228.68
		20 kg de tierra	84	\$2.00	\$168.50
			km/semana	Costo/litro de gasolina	Costo mensual
Costo de operación de la camioneta			60	\$5.40	\$86.40
Costo de mantenimiento					\$1,000.00
<b>Costo total de fabricación y operación de camioneta</b>					<b>\$1,527.71</b>

	<b>Costo mensual</b>
Costo Fijos de Operación (Diversos)	
<b>Costo Fijos total de Operación</b>	<b>\$2,000.00</b>
<b>Inversión total</b>	<b>\$225,748.00</b>
<b>Costo total mensual</b>	<b>\$19,659.38</b>
<b>Costo unitario (\$/kg de humus)</b>	<b>\$6.74</b>

<b>Utilidad deseada (%)</b>		<b>48%</b>
<b>Estimación de venta (unidades por mes)</b>	Bolsa de 1 kg de humus	88
	Bolsa de 5 kg de humus	229
	Bolsa de 20 kg de humus	84
<b>Precio al público</b>	Bolsa de 1 kg de humus	\$10.00
	Bolsa de 5 kg de humus	\$50.00
	Bolsa de 20 kg de humus	\$200.00
<b>Venta total mensual</b>		<b>\$29,166.67</b>
<b>Costo Total mensual</b>		<b>\$19,659.38</b>
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>\$9,507.29</b>
<b>Utilidad después de impuestos</b>		<b>\$7,130.47</b>
<b>Inversión Inicial</b>		<b>\$225,748.00</b>
<b>Costo de Capital + Riesgo de inversión %</b>		<b>25%</b>
<b>Tiempo de retorno de inversión (meses)</b>		<b>53.00</b>
<b>Tiempo de retorno de inversión (años)</b>		<b>5.00</b>

<b>Costo por Bolsa</b>
10 \$6.74
\$33.70
\$134.81

Costo de la competencia \$13.25

Sin el costo de capital

**Sin el costo de capital**

Si vendemos el 23% de la capacidad de producción no podremos vender a precios competitivos de \$10 por Kg. Por lo tanto tenemos que vender al menos 2083Kg al mes para poder tener un margen del 8% y recuperando la inversión en 13 años.

<b>Capacidad de Producción Trimestral</b>	25	Ton				
<b>Meses de Producción</b>	3	Meses				
<b>Producción mensual</b>	8,333	Kg	1,917			
<b>Probabilidad de venta</b>	35%					
	<b>2,917</b>	<b>Kg</b>	<b>Dist</b>	<b>Prop</b>	<b>Kg p/Bolsa</b>	<b>Total de Bolsas</b>
Bolsa de 1 kg de humus	22%	1	0.22	0.0303	88	88
Bolsa de 5 kg de humus	57%	5	2.85	0.3920	1,143	229
Bolsa de 20 kg de humus	21%	20	4.20	0.5777	1,685	84
			7.27			401

**Con el costo de capital del 25% ( costo de capital + riesgo de inversión)**  
Si vendemos el 35% de la capacidad de producción podremos vender a precios competitivos de \$10 por Kg. Por lo tanto tenemos que vender al menos 2917Kg al mes para poder tener un margen del 48% y recuperando la inversión en 5 años.

<b>Inversión Inicial</b>	225,748
<b>Costo de Capital %</b>	25%
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	\$9,507.29
<b>Utilidad después de impuestos</b>	\$7,130.47

<b>Amort mensual</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Intereses</b>	<b>Pago a capital</b>	<b>Monto Final</b>
1	225,748	\$4,703	\$2,427	223,321
2	223,321	\$4,653	\$2,478	220,843
3	220,843	\$4,601	\$2,530	218,313
4	218,313	\$4,548	\$2,582	215,731
5	215,731	\$4,494	\$2,636	213,095
6	213,095	\$4,439	\$2,691	210,404
7	210,404	\$4,383	\$2,747	207,657
8	207,657	\$4,326	\$2,804	204,852
9	204,852	\$4,268	\$2,863	201,990
10	201,990	\$4,208	\$2,922	199,067
11	199,067	\$4,147	\$2,983	196,084
12	196,084	\$4,085	\$3,045	193,039
13	193,039	\$4,022	\$3,109	189,930
14	189,930	\$3,957	\$3,174	186,756
15	186,756	\$3,891	\$3,240	183,517
16	183,517	\$3,823	\$3,307	180,209
17	180,209	\$3,754	\$3,376	176,833
18	176,833	\$3,684	\$3,446	173,387
19	173,387	\$3,612	\$3,518	169,869
20	169,869	\$3,539	\$3,592	166,277
21	166,277	\$3,464	\$3,666	162,611
22	162,611	\$3,388	\$3,743	158,868
23	158,868	\$3,310	\$3,821	155,047
24	155,047	\$3,230	\$3,900	151,147
25	151,147	\$3,149	\$3,982	147,165
26	147,165	\$3,066	\$4,065	143,101
27	143,101	\$2,981	\$4,149	138,952
28	138,952	\$2,895	\$4,236	134,716
29	134,716	\$2,807	\$4,324	130,392
30	130,392	\$2,717	\$4,414	125,978
31	125,978	\$2,625	\$4,506	121,472
32	121,472	\$2,531	\$4,600	116,872
33	116,872	\$2,435	\$4,696	112,177
34	112,177	\$2,337	\$4,793	107,383
35	107,383	\$2,237	\$4,893	102,490
36	102,490	\$2,135	\$4,995	97,495
37	97,495	\$2,031	\$5,099	92,395
38	92,395	\$1,925	\$5,206	87,190
39	87,190	\$1,816	\$5,314	81,876
40	81,876	\$1,706	\$5,425	76,451
41	76,451	\$1,593	\$5,538	70,913
42	70,913	\$1,477	\$5,653	65,260
43	65,260	\$1,360	\$5,771	59,489
44	59,489	\$1,239	\$5,891	53,598
45	53,598	\$1,117	\$6,014	47,585
46	47,585	\$991	\$6,139	41,445
47	41,445	\$863	\$6,267	35,178
48	35,178	\$733	\$6,398	28,781
49	28,781	\$600	\$6,531	22,250
50	22,250	\$464	\$6,667	15,583
51	15,583	\$325	\$6,806	8,777
52	8,777	\$183	\$6,948	1,830
53	1,830	\$38	\$7,092	-5,263

## Segundo escenario de lombricomposta.

Inversión	Cantidad	Costo unitario	Inversión total	
Camioneta Pick-Up Rend (km/l) 15	1	\$142,392.00	\$142,392.00	
Tambos de plástico	40	\$300.00	\$12,000.00	
lombrices	168	\$300.00	\$50,400.00	
Máquina selladora de bolsas	1	\$4,350.00	\$4,350.00	
Cajas de plástico	5	\$47.60	\$238.00	
Estructura metálica	1	\$3,000.00	\$3,000.00	
Techo	1	\$2,500.00	\$2,500.00	
Termómetro ambiental	1	\$75.00	\$75.00	
Termómetro de tierra	1	\$95.00	\$95.00	
Medidores de PH	1	\$15.00	\$15.00	
Báscula para 160 kg	1	\$1,620.00	\$1,620.00	
Báscula para 5 kg	1	\$565.00	\$565.00	
Plástico para tapar pilas (m <sup>2</sup> )	300	\$4.00	\$1,200.00	
Molino	1	\$4,000.00	\$4,000.00	
<b>Construcción de lechos</b>				
Tabicón pesado (unidad)	2400	\$0.95	\$2,280.00	
Cemento (bultos de 40kg)	3	\$70.00	\$210.00	
Cal (m <sup>3</sup> )	4	\$42.00	\$168.00	
Arena (m <sup>3</sup> )	6	\$106.67	\$640.00	
<b>Costo de construcción de lechos</b>			<b>\$3,298.00</b>	
<b>Costo de inversión total</b>			<b>\$225,748.00</b>	
<b>Costos de materia prima</b>				
Bolsas de plástico	1 kg de tierra	139	\$0.10	\$13.87
	5 kg de tierra	359	\$0.50	\$179.68
	20 kg de tierra	132	\$2.00	\$264.79
<b>Costo total de materia prima</b>			<b>\$458.33</b>	

Costos de mano de obra	Horas/día	Días/mes	Costo por hora	Costo total mensual
Costo de manejo del molino	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de manejo de la composta	8	30	\$22.00	\$5,280.00
Costo de distribución	8	30	\$22.00	\$5,280.00
<b>Costo total de mano de obra</b>				<b>\$15,840.00</b>

Costos de fabricación		Bolsa	Cantidad/mes	Costo unitario	Costo total mensual
Costo de serigrafía u offset	3 tintas	1 kg de tierra	0	\$0.60	\$0.00
		5 kg de tierra	0	\$1.20	\$0.00
		20 kg de tierra	0	\$2.40	\$0.00
	1 tinta	1 kg de tierra	139	\$0.50	\$69.35
		5 kg de tierra	359	\$1.00	\$359.35
		20 kg de tierra	132	\$2.00	\$264.79
			km/semana	Costo/litro de gasolina	Costo mensual
Costo de operación de la camioneta			60	\$5.40	\$86.40
Costo de mantenimiento					\$1,000.00
<b>Costo total de fabricación y operación de camioneta</b>					<b>\$1,779.89</b>

	<b>Costo mensual</b>
Costo Fijos de Operación (Diversos)	
<b>Costo Fijos total de Operación</b>	<b>\$2,000.00</b>
<b>Inversión total</b>	<b>\$225,748.00</b>
<b>Costo total mensual</b>	<b>\$20,078.22</b>
<b>Costo unitario (\$/kg de humus)</b>	<b>\$4.38</b>



<b>Utilidad deseada (%)</b>		<b>128%</b>
<b>Estimación de venta (unidades por mes)</b>	Bolsa de 1 kg de humus	<b>139</b>
	Bolsa de 5 kg de humus	<b>359</b>
	Bolsa de 20 kg de humus	<b>132</b>
<b>Precio al público</b>	Bolsa de 1 kg de humus	<b>\$10.00</b>
	Bolsa de 5 kg de humus	<b>\$50.00</b>
	Bolsa de 20 kg de humus	<b>\$200.00</b>
<b>Venta total mensual</b>		<b>\$45,833.33</b>
<b>Costo Total mensual</b>		<b>\$20,078.22</b>
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>\$25,755.11</b>
<b>Utilidad después de Impuestos</b>		<b>\$19,316.33</b>
<b>Inversión Inicial</b>		<b>\$225,748.00</b>
<b>Costo de Capital + Riesgo de inversión %</b>		<b>25%</b>
<b>Tiempo de retorno de inversión (meses)</b>		<b>14.00</b>
<b>Tiempo de retorno de inversión (años)</b>		<b>1.00</b>

<b>Costo por Bolsa</b>
<b>\$4.38</b>
<b>\$21.90</b>
<b>\$87.61</b>

10

**Costo de la competencia \$13.25**

**Sin el costo de capital**

ya lo cambié para un mejor escenario

<b>Capacidad de Producción Trimestral</b>	25	Ton				
<b>Meses de Producción</b>	3	Meses				
<b>Producción mensual</b>	8,333	Kg	1,917			
<b>Probabilidad de venta</b>	55%					
	<b>4,583</b>	<b>Kg</b>	<b>Dist</b>	<b>Prop</b>	<b>Kg p/Bolsa</b>	<b>Total de Bolsas</b>
Bolsa de 1 kg de humus	22%	1	0.22	0.0303	139	139
Bolsa de 5 kg de humus	57%	5	2.85	0.3920	1,797	359
Bolsa de 20 kg de humus	21%	20	4.20	0.5777	2,648	132
			7.27			<b>630</b>

**Con el costo de capital del 25% ( costo de capital + riesgo de inversión)  
Si vendemos el 55% de la capacidad de producción podremos vender  
a precios competitivos de \$10 por Kg.  
la cantidad de 4583Kg al mes teniendo un margen de utilidad del 148%  
y recuperando la inversión en 1 año.**

<b>Inversión Inicial</b>	225,748
<b>Costo de Capital %</b>	25%
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	\$25,755.11
<b>Utilidad después de Impuestos</b>	\$19,316.33

<b>Amort mensual</b>	<b>Monto Inicial</b>	<b>Intereses</b>	<b>Pago a capital</b>	<b>Monto Final</b>
1	225,748	\$4,703	\$14,613	211,135
2	211,135	\$4,399	\$14,918	196,217
3	196,217	\$4,088	\$15,228	180,989
4	180,989	\$3,771	\$15,546	165,443
5	165,443	\$3,447	\$15,870	149,573
6	149,573	\$3,116	\$16,200	133,373
7	133,373	\$2,779	\$16,538	116,835
8	116,835	\$2,434	\$16,882	99,953
9	99,953	\$2,082	\$17,234	82,719
10	82,719	\$1,723	\$17,593	65,126
11	65,126	\$1,357	\$17,960	47,166
12	47,166	\$983	\$18,334	28,833
13	28,833	\$601	\$18,716	10,117
14	10,117	\$211	\$19,106	-8,988



