



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS – OPTIMIZACIÓN FINANCIERA

EVALUACIÓN INTEGRAL DE PROYECTOS SUSTENTABLES:  
EL CASO DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN  
DE ABONOS ORGÁNICOS

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
ING. CAROLINA VANESSA CANEDO JIMÉNEZ

TUTOR PRINCIPAL  
M.C. JORGE ELIECER SANCHEZ CERÓN, FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. JUNIO 2013

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DR. BENITO SANCHEZ LARA

Secretario: M.I. JORGE LUIS SILVA HARO

Vocal: M.C. JORGE ELIECER SANCHEZ CERON

1<sup>er.</sup> Suplente: DR. VICENTE BORJA RAMIREZ

2<sup>d o.</sup> Suplente: DR. ALEJANDRO C. RAMIREZ REIVICH

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: México, Distrito Federal, Ciudad Universitaria

**TUTOR DE TESIS:**  
JORGE ELIECER SANCHEZ CERON

-----  
**FIRMA**

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>1</b>
2.1. Justificación . . . . .	3
2.2. Objetivos . . . . .	3
2.3. Alcance . . . . .	3
2.4. Breve Perspectiva del Saneamiento . . . . .	4
<b>3. Evaluación Integral</b>	<b>9</b>
3.1. Estudio del Mercado Nacional . . . . .	9
3.1.1. Definición del producto . . . . .	9
3.1.2. Análisis de la producción de fertilizantes . . . . .	10
3.1.3. Análisis del consumo de fertilizantes . . . . .	13
3.1.4. Análisis de la demanda de fuentes primarias del Sanitario Autosustentable	16
3.1.5. Proyección de la demanda de fertilizantes . . . . .	18
3.1.6. Comercialización del producto . . . . .	19
3.2. Estudio Técnico . . . . .	20
3.2.1. Localización óptima de la planta . . . . .	20
3.2.2. Descripción del proceso productivo . . . . .	21
3.2.3. Determinación de las áreas de trabajo . . . . .	30
3.2.4. Organigrama . . . . .	31
3.2.5. Aspectos Legales . . . . .	32
3.3. Estudio Económico . . . . .	34
3.3.1. Depreciación y amortización . . . . .	35
3.3.2. Cálculo de la TMAR . . . . .	35
3.3.3. Período de recuperación de la Inversión . . . . .	37
3.3.4. Análisis de Sensibilidad . . . . .	39
3.3.5. Determinación del punto de equilibrio . . . . .	40
3.4. Panorama Socio-Cultural . . . . .	41
3.5. Discusión de Resultados . . . . .	42
<b>4. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>43</b>
<b>A. Resultados de la encuesta aplicada vía internet</b>	<b>45</b>
<b>B. Lineamientos suecos</b>	<b>49</b>
<b>C. Requisitos Físico-Químicos y sanitarios para los mejoradores de suelos</b>	<b>50</b>
<b>D. Definiciones</b>	<b>51</b>

## Índice de figuras

1.	Diagrama de un sanitario autosusntentable. Fuente: CORCUERA y GONZÁLEZ, <i>Baño Seco urbano</i> , 2009. . . . .	2
2.	Ciclo de los nutrientes. . . . .	5
3.	Producción nacional 1990-2009. . . . .	10
4.	Tipo de fertilizantes producidos 1994-2009. . . . .	11
5.	Consumo aparente 1999 -2009. . . . .	13
6.	Importaciones y Exportaciones 1990-2009. . . . .	14
7.	Importaciones 2003-2009. . . . .	15
8.	Proyección de la demanda de fertilizantes. Fuente: Elaboración propia. . . . .	18
9.	Determinación de la localización óptima de la planta. Fuente: INEGI, 2010. . . . .	21
10.	Diagrama de actividades generales del Proceso de producción. . . . .	22
11.	Flujo de actividades de producción de fertilizante orgánico. . . . .	24
12.	Cámara de secado solar. . . . .	27
13.	Flujo de actividades de producción de abono orgánico. . . . .	28
14.	Distribución de la planta. . . . .	31
15.	Organigrama general de la empresa. . . . .	31
16.	Amortización de la deuda. . . . .	35
17.	Estado de resultados con inflación, financiamiento y producción constante. . . . .	37
18.	Análisis de Sensibilidad. . . . .	39
19.	Punto de equilibrio. . . . .	40
20.	Lineamientos para el uso seguro de la orina en Sistemas de Saneamiento Ecológico	49
21.	Lineamientos para el uso seguro de las heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico	49
22.	De acuerdo a la NTEA-006-SMA-RS-2006. . . . .	50

## Índice de tablas

1.	Tecnología Alternativa y Sanitario Convencional. . . . .	7
2.	Empresas mexicanas . . . . .	8
3.	Principales fertilizantes por tipo de nutriente. . . . .	9
4.	Resultados del estudio preliminar. . . . .	17
5.	Factores seleccionados y ponderación. . . . .	20
6.	Actividades para la producción de fertilizante orgánico. . . . .	25
7.	Actividades para la producción de abono orgánico. . . . .	29
8.	Maquinaria. . . . .	29
9.	Superficie por área. . . . .	30
10.	Costo total de producción. . . . .	34
11.	Otros Costos. . . . .	34
12.	Depreciación. . . . .	35

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto “Sanitario Autosustentable para la Ciudad de México” a cargo de “Espacios de Innovación Tecnológica S.C.” con apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, mediante el convenio No. 49/2010.

- Al Conacyt, que me brindó la oportunidad de estudiar.
- Al M.A. Jorge Eliecer Sánchez, por su apoyo incondicional a lo largo de este trabajo.
- A Enrique Vignau, por su interés y apoyo en la realización de este proyecto. Sin su iniciativa este proyecto nos sería posible.
- A Diana Inés Ramírez, por su valiosa colaboración.
- Agradezco especialmente a los Sinodales:
- Agradezco profundamente los acertados comentarios que me ayudaron a aclarar mis ideas del gran académico y ser humano Dr. Sánchez Lara.
- Agradezco a Vicente Borja y Alejandro Ramírez, que son para mí ejemplo de dedicación y compromiso con la UNAM, fue un placer trabajar con ustedes.
- Un agradecimiento especial para M. Jorge Silva Haro.
- Agradezco a todos y cada uno de los participantes del proyecto, por su entusiasmo y compromiso en la conservación del planeta.
- A mi familia, en especial a Eli y Fer, por estar siempre conmigo y quererme mucho, yo también los quiero.
- A mis amigos: Joss, Edgar, Francisco, Ulises, Jorge, Tonatiuh, Víctor, Dalia, Lina y Wendy. Por ser parte de mi vida.

## Dedicatoria

Para mi tía favorita: Socorro Reyes.

## 1. Introducción

La problemática ambiental que actualmente se padece en el planeta, ha rebasado los límites de las ciencias naturales y ahora esta problemática ha adquirido una dimensión mucho más amplia, que requiere soluciones inmediatas y efectivas. La sociedad civil y las autoridades tenemos el reto y la obligación de lograr satisfacer las necesidades presentes, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

En este contexto, cualquier proyecto que mitigue el deterioro ambiental, debe ser considerado y evaluado, desde distintas perspectivas, ya que actualmente existen tecnologías ecológicas adecuadas que permiten una vida más sustentable pero desafortunadamente son pocas las personas que las practican.

El Macroproyecto “Sanitario Autosustentable para la Ciudad de México” iniciado por “Espacios de Innovación Tecnológica S.C.” con el apoyo del Posgrado de Ingeniería Mecánica de la UNAM, fue semillero de varios trabajos de investigación de distintas disciplinas, uno de esos proyectos es éste. En esta parte o proyecto se pretendió conocer parámetros económicos que desmostrarán la factibilidad y viabilidad de una empresa dedicada a la fabricación de abonos y fertilizantes orgánicos, que provinieran del compostaje de desechos humanos, específicamente de la orina y las heces.

El presente proyecto se considera una evaluación integral, ya que contempla el aspecto social y no sólo el aspecto económico y financiero en la fabricación de abonos y fertilizantes orgánicos provenientes del uso de sanitarios autosustentables. El proyecto es sustentable porque promueve una alternativa para la recuperación y el aprovechamiento de los nutrientes contenidos en los desechos humanos en el proceso de digestión, como una solución efectiva y comprobada y hasta ahora poco utilizada en ambientes urbanos.

Dentro de las conclusiones más importantes están que la recolección de los desechos sería más fácil si fuera focalizada, es decir, podría ser en eventos masivos. Los beneficios de la utilización de los desechos como fertilizantes son completamente seguros y técnicamente factibles. Sin mencionar los beneficios en la agricultura y en la preservación del medio ambiente.

## 2. Antecedentes

El presente trabajo de investigación, es parte de un Macro proyecto Multidisciplinario desarrollado en el Posgrado de Ingeniería Mecánica bajo la dirección de los doctores Alejandro Ramírez y Vicente Borja, con la colaboración de la Sociedad Civil *Espacios de Innovación Tecnológica*, particularmente de su presidente el Lic. Enrique Vignau Esteva. El Macroproyecto se denominó “Sanitario Autosustentable para la Ciudad de México”. El Macro proyecto surge

por iniciativa de Enrique Vignau, quien tiene una amplia experiencia en proyectos vinculados al uso e instalación de sanitarios autosustentables.

Se define *Sanitario Autosustentable* al dispositivo que se usa como cualquier sanitario, con la diferencia que no utiliza agua y por su diseño evita la contaminación por heces humanas al transformarlas en abono. El principio de utilización del dispositivo referido en este trabajo, es separar en contenedores especiales los desechos generados en el proceso de digestión, propiamente el excremento y la orina. Esta separación permite, que después de un proceso de tratamiento, relativamente sencillo (adición de cal y arena para el caso de las heces y recolección y almacenamiento de la orina) los desechos, se conviertan en fertilizantes (el caso de la orina), y abonos orgánicos (el caso de las heces) enriquecedores de suelos y completamente inofensivos. Ver figura 1.

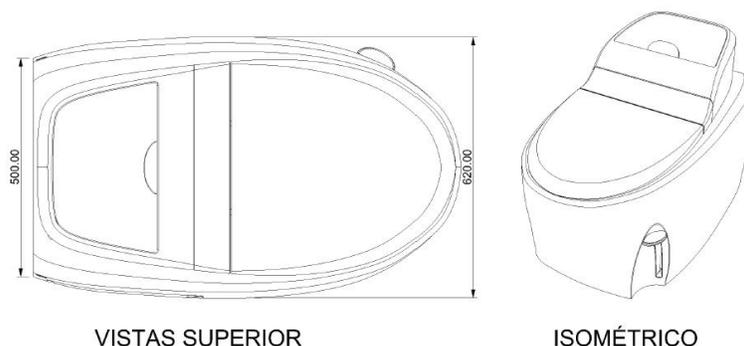


Figura 1: Diagrama de un sanitario autosustentable. Fuente: CORCUERA y GONZÁLEZ, *Baño Seco urbano*, 2009.

De este modo, se plantea que la utilización de este dispositivo, permitiría muchos beneficios como el ahorro de agua potable, la reducción de los costos asociados al tratamiento de aguas residuales, eliminación de enfermedades gastrointestinales provocadas por el uso de letrinas y el eficiente aprovechamiento de los nutrientes que contienen los fertilizantes y abonos obtenidos.

El Macro proyecto buscó encontrar respuestas a varias interrogantes, desde la conceptualización del diseño (del sanitario autosustentable), pasando por el uso y las condicionantes humanas para su adopción, hasta la viabilidad económica para el posterior tratamiento y comercialización de los abonos y fertilizantes obtenidos como resultado del uso del Sanitario Autosustentable.

Esta última parte es la que se presenta en este trabajo, desarrollando y estableciendo los estudios de mercado, técnico y económico necesarios para una empresa dedicada a la fabricación de abonos obtenidos del uso de sanitarios autosustentables, así como una perspectiva socio cultural para la incorporación de esta alternativa.

Los resultados obtenidos serán de gran utilidad principalmente para inversionistas interesados en negocios sustentables, sin dejar de lado instituciones de gobierno que patrocinen programas sociales de sanidad sustentable, asociaciones ambientales, empresas verdes que busquen

adoptar nuevas prácticas ambientales, estudiantes y académicos enfocados en este tipo de proyectos y la población que se preocupa por la conservación del planeta y sus recursos.

El saneamiento ecológico es una práctica que tiene importantes ventajas, entre las que destacan: el aprovechamiento óptimo de los nutrientes contenidos en desechos humanos, el ahorro de agua potable, desarrollo de la agricultura orgánica, paliativo del problema de escasez de nitrógeno, reducción del uso de fertilizantes químicos, ahorro gubernamental en el presupuesto designado al tratamiento de aguas residuales, reducción en la contaminación de ríos y cuerpos de agua utilizados como vertederos de agua residuales, disminución de enfermedades gastrointestinales en poblaciones que carecen de servicio de drenaje.

## 2.1. Justificación

Los proyectos de inversión vistos como un negocio, necesitan el soporte que pueda darles cauce y garantice su viabilidad y rentabilidad económica. El proceso de evaluación de un proyecto se divide en su estudio de mercado, estudio técnico, económico y la evaluación económica. Conocer estos parámetros servirá a los futuros inversionistas en su toma de decisiones, ya que es, de modo general, un panorama suficiente de cómo podría establecerse la empresa. Se establecen el monto de inversión necesario, el período de recuperación de la inversión y el rendimiento.

## 2.2. Objetivos

Objetivo general: *Establecer los parámetros que permitan determinar la rentabilidad de una empresa dedicada a la fabricación de abonos orgánicos.*

Y los objetivos particulares son:

- Demostrar la existencia de la necesidad insatisfecha de mercado de abonos y fertilizantes orgánicos.
- Plantear la factibilidad técnica de la fabricación del abono y fertilizante orgánicos.
- Determinar el monto de la inversión inicial y los costos de producción.
- Determinar la recuperación de la inversión.
- Establecer el rendimiento del proyecto, es decir la TIR.

## 2.3. Alcance

Este trabajo se desarrolló para la Ciudad de México y para un horizonte de inversión de cinco años.

## 2.4. Breve Perspectiva del Saneamiento

Actualmente, en la mayoría de las regiones del mundo, existen dos medios profundamente arraigados para el saneamiento relacionado con los desechos humanos (en el presente trabajo se denomina desechos humanos a los generados por el cuerpo humano en el proceso de digestión, propiamente a la orina y heces).

1. Sanitarios conectados al drenaje y
2. Letrinas

Ambos medios convencionales, se basan en la premisa de concebir los desechos como materiales peligrosos e indeseables.

El primer medio consta en el depósito y transporte de los desechos, a través del drenaje, utilizando grandes cantidades de agua como medio de transporte. Este método mezcla pequeñas cantidades de desechos potencialmente nocivos, con agua potable amplificando la contaminación del vital líquido. A este inconveniente se agregan los altos costos de la construcción, mantenimiento y operación de sistemas de drenaje, de bombeo de agua, de plantas tratadoras y potabilizadoras de agua.

El segundo medio predomina en regiones marginadas de países en desarrollo. Consta de la mezcla insalubre de los desechos en depósitos adecuados para tal fin, originando contaminación del suelo y aguas subterráneas, malos olores, crecimiento de fauna nociva y enfermedades gastrointestinales a los usuarios.

### Saneamiento Ecológico

La teoría del Saneamiento Ecológico es extensa y este texto no pretende hacer un análisis exhaustivo de ella, por lo que se limitará a presentar las conclusiones que se consideran más importantes.

El Saneamiento Ecológico, también conocido como “EcoSAn” (por sus siglas en inglés) es una alternativa a los sistemas de saneamiento convencionales, que evita sus desventajas. El principio del Saneamiento Ecológico reside en cerrar el ciclo de los nutrientes contenidos en los desechos humanos, regresándolos a la tierra en forma de abonos y fertilizantes orgánicos. Ver figura 2.

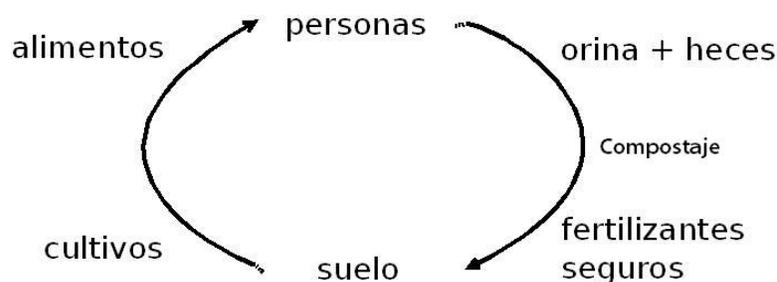


Figura 2: Ciclo de los nutrientes.

El material potencialmente peligroso permanece aislado mientras inicia su proceso de transformación para convertirse en fertilizante y abono orgánicos. De esta forma, los nutrientes de los desechos humanos se pueden utilizar para intensificar la productividad agrícola.

Sus ventajas más importantes:

- Evita la contaminación y desperdicio de agua
- Previene la contaminación de manantiales y ríos
- Previene la degradación de la tierra por el uso excesivo de fertilizantes químicos
- Optimiza el manejo de nutrientes orgánicos

Existen lineamientos para el uso seguro de desechos humanos en Sistemas de Saneamiento Ecológico, que son avalados por el Instituto Ambiental Sueco.

Los lineamientos se centran en el tratamiento necesario para la obtención de abono y fertilizante inocuos a la salud humana. A continuación se resumen los tratamientos propuestos por estos lineamientos.

#### Tratamiento de la orina

Hasta ahora, el almacenamiento a temperatura ambiente, es el método más practicado para higienizar la orina. Durante el almacenamiento la orina debe estar contenida en un tanque sellado.

El lineamiento sueco referente al tratamiento de la orina<sup>1</sup>, establece que ésta debe ser almacenada por un período mínimo de 6 meses, a una temperatura de 20°C, para usarse de manera segura en cualquier cultivo.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lineamientos suecos recomendados de tiempo de almacenamiento para la orina mezclada basada en estimaciones del contenido de patógenos y cultivos recomendados para sistemas grandes. Anexo B.

<sup>2</sup>Para cultivos alimenticios que serán consumidos crudos es recomendable que la orina sea aplicada mínimo un mes antes de la cosecha y que ésta sea incorporada al suelo si las secciones comestibles crecen sobre la superficie del suelo.

### Tratamiento de las heces

Para un uso confiable y seguro de las heces humanas, deben destruirse los patógenos contenidos en ellas, varios métodos pueden ser utilizados para tal fin.

*Almacenamiento:* la adición de tierra o aserrín después de cada deposición, y un almacenamiento del material colectado por varios años a temperatura ambiente es la opción más simple y segura para la inactivación de los patógenos.

*Tratamientos alcalinos:* -Adición de ceniza y cal- Facilita la inactivación de patógenos y reduce el riesgo de transmisión de enfermedades durante la manipulación y uso. Reduce el riesgo de olor y presencia de fauna nociva en el sanitario. -Adición de Urea- La urea añade un valor adicional al abono e inactiva patógenos mediante la combinación de un pH elevado y la concentración de amoníaco.

*Incineración:* Todos los patógenos son eliminados, por el proceso se pierde el nitrógeno contenido en las heces, conservando sólo el fósforo y potasio.

*Tratamientos con calor:* La inactivación de patógenos se logra en función de la temperatura y el tiempo, creando una zona de seguridad.

Este trabajo propone el tratamiento de almacenamiento, combinado con la exposición de los desechos a altas temperaturas. Además de la adición de un material secante que ayude en el proceso de compostaje. El compostaje es un proceso biológico, aeróbico y termófilo de descomposición de residuos orgánicos en fase sólida y en condiciones controladas que consigue la transformación de un residuo orgánico en un producto estable, aplicable a los suelos como abono. El proceso propiamente de compostaje, consta de dos fases:

1. Fase termofílica: Se produce un aumento progresivo en la temperatura del material a compostar. Hacia los 70°C, cesa prácticamente la actividad microbiana. La aireación de este compost provoca el reinicio del proceso, con la aparición de microorganismos mesofílicos, incremento de la temperatura y aparición de nuevos microorganismos termofílicos. Este ciclo se mantiene hasta que, debido al agotamiento de nutrientes, la temperatura ya no alcanza estos valores.
2. Fase de maduración: Descenso importante de la actividad microbiana.

En resumen, es posible convertir los desechos humanos en fertilizantes y abonos orgánicos ricos en nutrientes, siempre que se mantengan adecuados controles en los siguientes parámetros: temperatura, humedad, PH, oxígeno, nutrientes y medidas de seguridad para la manipulación de los desechos. Se decide utilizar combinados el método alcalino de adición de ceniza y cal (material secante) y tratamiento con calor.

Los Sistemas de Saneamiento Ecológico, basan su funcionamiento en el uso de dispositivos especiales para el tratamiento de los desechos.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre los dispositivos convencionales y el dispositivo propuesto por los Sistemas de Saneamiento Ecológico.

Dispositivo	Características	Destino final de los desechos
1.- Sanitario convencional	Utiliza de 4 a 6 litros agua potable por uso para el transporte de desechos humanos.	Drenaje municipal.
2.- Sanitario compostador de orina y heces humanas	La orina y heces humanas son depositadas juntas en cámaras especiales generando lodos con características tales, que les permite ser utilizados como inóculo para la descomposición aeróbica de dichos desechos.	Plantas y cultivos en forma de biofertilizante.
3.-Sanitario Autosustentable <i>separador de orina y excremento que no utiliza agua</i>	La orina es desviada a un colector especial. Las heces son depositadas con material secante en cámaras, eventualmente se deshidratan y sanitizan convirtiéndose en tierra fértil o abono.	La orina es utilizada como fertilizante, y el abono de las cámaras como enriquecedor de suelos y cultivos.

Tabla 1: Tecnología Alternativa y Sanitario Convencional.

El dispositivo número uno es el más común de los sanitarios por lo que no se presenta más detalle del mismo. El dispositivo dos es un sanitario sin separación de desechos, utiliza la oxidación y el composteo. Véase [19].

El dispositivo número tres es de interés para este trabajo, para efectos prácticos se le hará referencia como “sanitario autosustentable”, su funcionamiento se detalla a continuación.

El sanitario autosustentable, es un dispositivo para el tratamiento de desechos humanos, capaz de destruir los patógenos presentes en ellos. Funciona con una tecnología eficiente, sencilla y desafortunadamente todavía desvalorada o desconocida por la mayoría de la gente. Es sanitario porque satisface la necesidad de tratar los desechos humanos de manera higiénica. Es sustentable porque aprovecha los ciclos biológicos naturales para transformar la materia orgánica en un producto inofensivo para la salud, necesario para nutrir el suelo. Es seco porque al no utilizar agua evita desperdiciarla y contaminarla.

Un sanitario autosustentable consta de tres elementos:

- un asiento o taza que separa la orina de las heces, facilitando el tratamiento de ambos.
- un contenedor de materia orgánica o cámara compostera.
- y un agregado o mezcla secante.

La oferta disponible de sanitarios ecológicos en el país es pequeña, se han localizado 5 empresas, enlistadas a continuación, sin embargo, ninguna de ellas ofrecen el servicio de recolección y/o tratamiento de los desechos, por lo cual se cree que nuestra empresa tiene una ventaja competitiva. La existencia de estas empresas, evidencia el interés de un segmento de la población en utilizar tecnología alternativa.

Tabla 2: Empresas mexicanas

<i>Ánfora</i> Sanitarios Ánfora, S.A. de R.L. de C.V.	Av. Constituyentes No. 345, Col. Daniel Garza México, D.F., 11830 Tel. (01 55) 5271-5255, e-mail: cso@anfora.com www.anfora.com
<i>IEPSA</i> Ingeniería, Ecología y Proyectos, S.A. de C.V.	Yautepec-la Nopalera Km.1 No. 10 Col. Campo Grande, Yautepec, Morelos. C.P. 62730 Tel. (01 735) 394 64 44 correo electrónico: iepsa1@avantel.net www.iepsacv.com.mx
<i>Grupo de tecnología alternativa S.C.</i>	Ave. De los Arcos 24 local 6, San Juan Totoltepec. Naucalpan de Juárez, Edo. de México. CP 53270. Tel. (55) 5364-4185 www.sirdo.com.mx
<i>Baños ecológicos prefabricados</i>	Carretera Mérida Dzitya Parcela No.118 Mppo. Conkal C.P. 97302 Mérida, Yucatán. México. www.sanitariosecologicos.com.mx
<i>Sanimex</i> Sanitarios portátiles de México	Cd. de Monterrey 1290-B, Col. las Quintas, Culiacán, Sinaloa, 80060, México. www.sanimex.net

### 3. Evaluación Integral

#### 3.1. Estudio del Mercado Nacional

A continuación se presenta el comportamiento histórico de la producción y demanda nacional de fertilizantes en los últimos años, una breve descripción del fertilizante a comercializar y una proyección estimada de la demanda futura de fertilizante en México. También se presentan los resultados de una encuesta realizada en internet para conocer el interés real de las personas, para utilizar un sanitario autosustentable.

##### 3.1.1. Definición del producto

Los principales tipos de fertilizantes existentes, se clasifican de acuerdo al nutriente que contienen. Pueden ser nitrogenados, fosfatados y potásicos: ver tabla 3.

Nutriente	Fertilizantes <sup>a</sup>
Potasio (K)	NPK, MOP y SOP
Fósforo (P)	SSP, NPK, DAP y MAP
Nitrógeno (N)	UAN, DAP y MAP, AN y CAN, NPK, Urea, Amoniac y otros.

<sup>a</sup>MOP: Cloruro de Potasio. SOP: Sulfato de Potasio. SSP: Superfosfato de Calcio simple. DAP: Fosfato Diamónico. MAP: Fosfato Monoamónico. UAN: Nitrato de Amonio y Urea. AN: Nitrato de amonio. CAN: Nitrato de Amonio Calcáreo.

Tabla 3: Principales fertilizantes por tipo de nutriente.

La urea corresponde al grupo de los nitrogenados y es el fertilizante más importante en el mercado en términos de producción, consumo y comercio nacional e internacional.

Se eliminan aproximadamente 1,4 litros de orina al día. La orina normal contiene un 96 % de agua, un 4 % de sólidos en solución y aproximadamente 20 g de urea por litro. Cerca de la mitad de los sólidos son urea, el principal producto de degradación del metabolismo de las proteínas. El resto incluye nitrógeno, cloruros, cetosteroides, fósforo, amonio, creatinina y ácido úrico.[20]

Pare efectos prácticos en este trabajo, se denominará “fertilizante orgánico”, al producto obtenido de la orina recolectada de los sanitarios autosustentables y “abono orgánico” al producto obtenido de las heces compostadas del sanitario autosustentable y son éstos productos el principal interés de este trabajo.

La siguiente sección muestra el comportamiento del mercado de fertilizantes químicos en los últimos veinte años. Si bien el producto promovido en este trabajo es un fertilizante orgánico, se considera que el panorama antes mencionado, es revelador de la situación general en la que se encuentra el mercado de fertilizantes. Y sustenta la urgente necesidad que existe en el país, de suministro de nuestros productos (abono y fertilizante orgánico).

### 3.1.2. Análisis de la producción de fertilizantes

En el año 1990 se registró una producción de casi 5 millones de toneladas, dos años después se privatizó Fertimex (Fertilizantes Mexicanos), derivando en el cierre de plantas productoras y la reducción significativa de operaciones de la industria mexicana de fertilizantes. Este deterioro del mercado nacional derivó en que para el período del 2002 al 2009 disminuyera drásticamente el volumen promedio anual y representará tan sólo el 14 % de la producción de 1990, siendo de 746,316 toneladas. Ver figura 3.

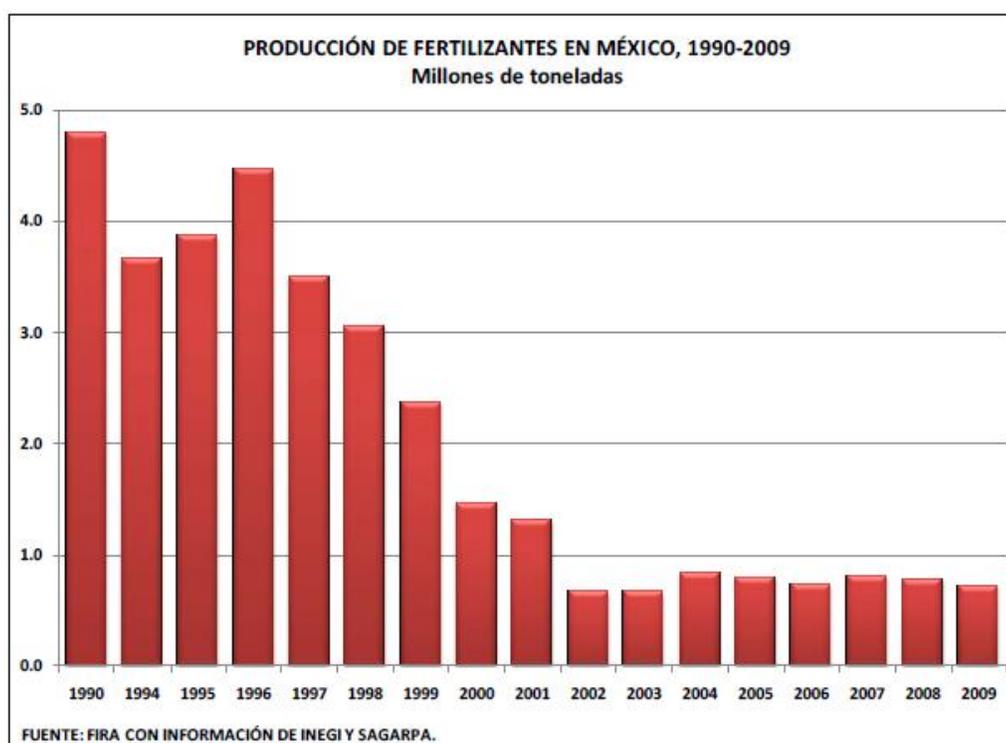


Figura 3: Producción nacional 1990-2009.

Un panorama del tipo de fertilizantes producidos se muestra en la figura 4.

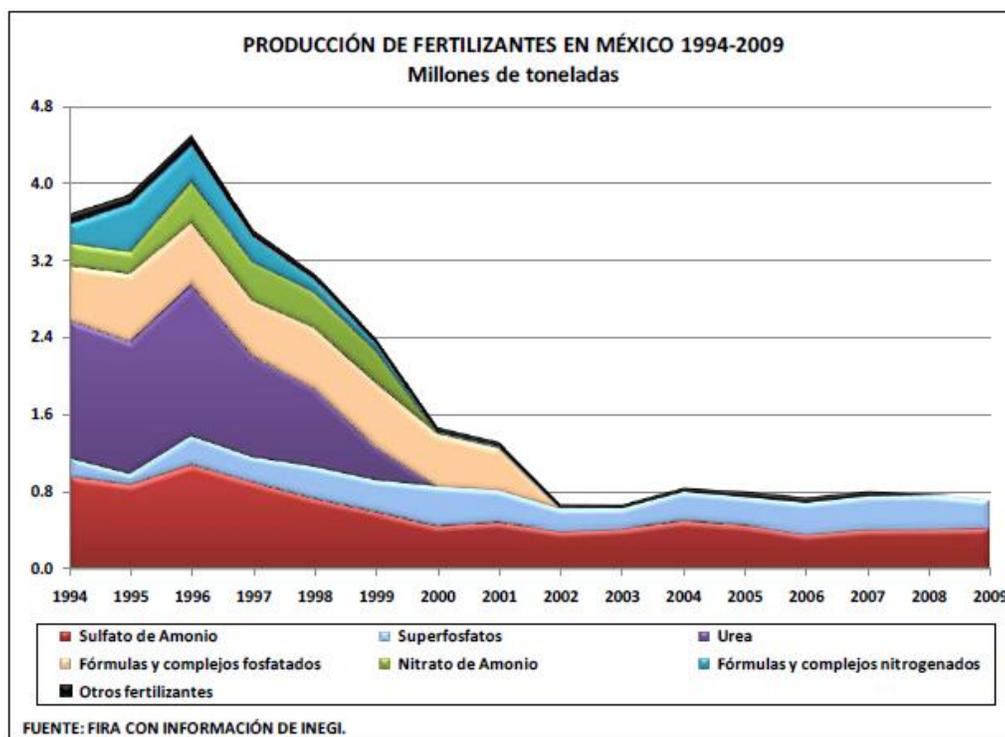


Figura 4: Tipo de fertilizantes producidos 1994-2009.

Antes de la drástica reducción en la producción de fertilizantes, el país producía una gran variedad de los mismos. Sin embargo, la producción de Urea y Nitrato de Amonio, se detuvo en el 2000. Otros fertilizantes fosfatados y nitrogenados dejaron de producirse en 2002 y 2003. De tal manera, desde el 2002 se producen en el país únicamente Sulfato de Amonio y Superfosfatos. El registro del año 2009 es de 714,403 toneladas de fertilizante.

### Principales empresas productoras de fertilizante en México

La Asociación Nacional de la Industria Química representa al sector de los fertilizantes en el país.

- Agrofermex Industrial de Guadalajara, S.A. de C.V.
- Agrogen, S.A. de C.V.
- Cosmocel, S.A.
- Fertirey, S.A. de C.V.

- Innophos Mexicana, S. de R.L. de C.V.
- KMG de México, S.A. de C.V.
- Nitroamonia De México, S.A. de C.V.
- Univex, S.A

Por otro lado se encuentran los abonos orgánicos que son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas obtienen importantes cantidades de nutrimentos, con la descomposición de estos abonos, el suelo se va enriqueciendo con carbono orgánico mejorando sus características físicas, químicas y biológicas.

En el listado de La Sociedad Mexicana de Producción Orgánica, A.C. se encuentra registrados las siguientes empresas como ofertantes de fertilizante y abono orgánico:

- Ankarte
- La ilusión de San Marcos
- Humus de Sol
- Biosistemas Sustentables
- Cultivos protegidos de los altos
- Sociedad de productores de insumos orgánicos Heliedem
- Metadic

Por su parte el consumo de fertilizante no se ha reducido a los niveles nacionales de producción, lo que supone que ha sido satisfecho por medio de importaciones. La siguiente sección muestra los niveles de consumo en los últimos veinte años.

## 3.1.3. Análisis del consumo de fertilizantes

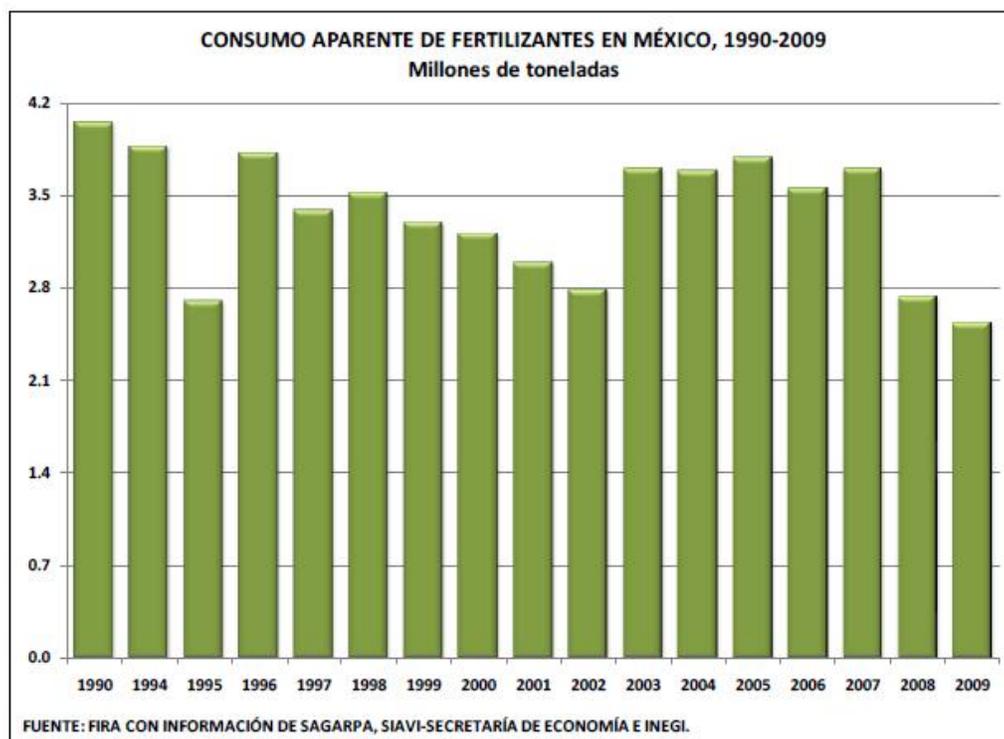


Figura 5: Consumo aparente 1999 -2009.

El consumo aparente de fertilizante ha sido irregular, registrando en 1995, 2002 y 2009, los puntos más bajos de consumo. Ver figura 5.

En 2009, el consumo representó 2.54 millones de toneladas, que es el consumo más bajo registrado desde 1990.

El uso de fertilizantes en México se concentra en Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Morelos, Colima, Sonora, Tlaxcala, Jalisco, Distrito Federal, Michoacán y Guanajuato, que son las entidades con una proporción de superficie sembrada fertilizada mayor del 80%.

El nivel de importaciones se muestra a continuación.

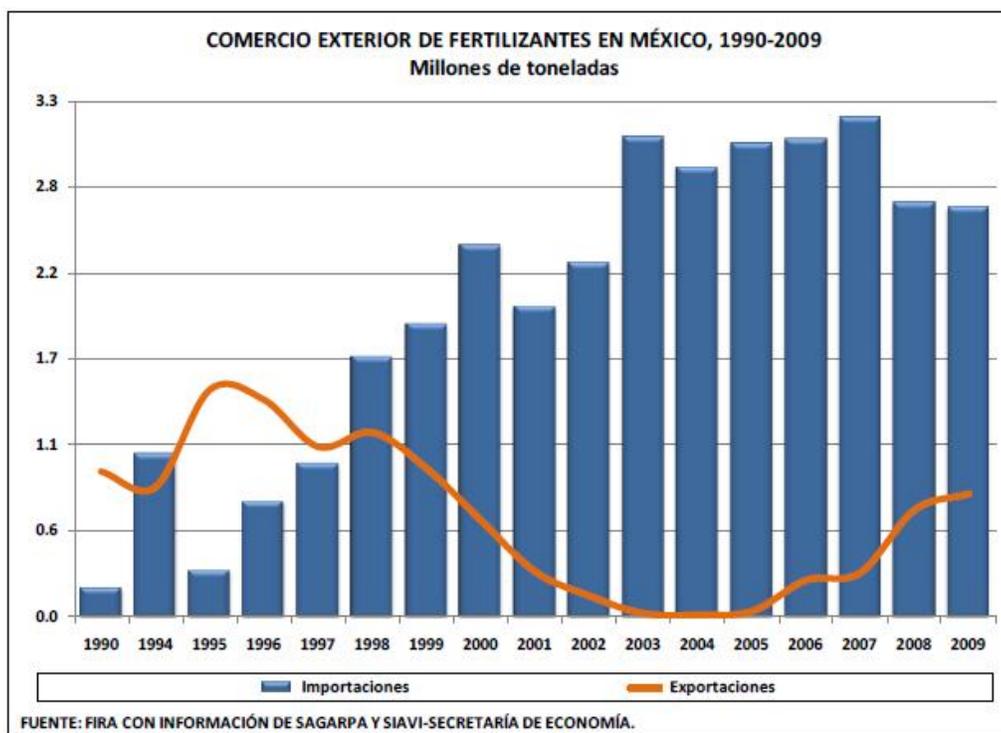


Figura 6: Importaciones y Exportaciones 1990-2009.

A fin de abastecer el consumo interno, las importaciones han tenido una tendencia alcista, alcanzando su máximo histórico en 2007, con 3.7 millones de toneladas. Por otro lado las exportaciones registraron su valor máximo en 1995 con 1.6 millones de toneladas, disminuyendo a cero toneladas en 2004. A partir de ese año las exportaciones han aumentado alcanzando en 2009 un valor cercano a un millón de toneladas. Ver figura 6.

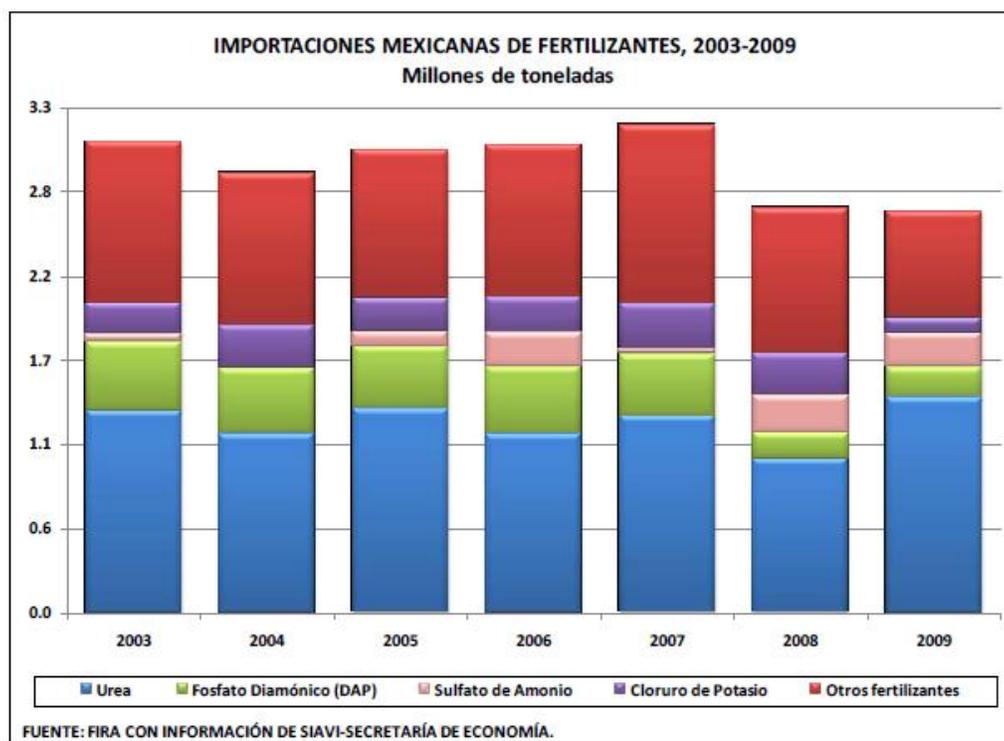


Figura 7: Importaciones 2003-2009.

Del total de fertilizantes importados, cuatro productos son representativos: Urea, Sulfato de Amonio, Fosfato Diamónico y Cloruro de Potasio. En el 2009, éstos representaron el 53.8, 8.2 y 4.0%, respectivamente, alcanzando un total de 2.62 millones de toneladas.

Como se muestra en la figura 7, la Urea es el fertilizante de mayor impacto en cuanto al consumo. Proviene de Venezuela, Federación Rusa, Ucrania, China y en menor medida de Estados Unidos, Qatar y Egipto.

### 3.1.4. Análisis de la demanda de fuentes primarias del Sanitario Autosustentable

Aunque en la sección anterior, se abordaron aspectos relacionados al consumo de fertilizantes, se considera necesario establecer en ésta, el grado de aceptación que tendrán los sanitarios autosustentables, ya que sin la utilización de los mismos, la obtención de abonos y fertilizantes orgánicos es imposible.

La demanda es conocida como la “cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado.”<sup>3</sup> La investigación de mercado es una técnica importante para el estudio más detallado de la demanda. La información de la demanda se puede obtener de fuentes primarias (estadísticas), o de fuentes secundarias (encuestas). Para la presente investigación se realizó una encuesta a través de internet a fin de poder conocer de manera general el grado de aceptación de Sanitarios Autosustentables.

En el caso de un producto nuevo como este, es conveniente generar la información para la toma de decisiones. Existen varios métodos, para la generación de información de fuentes primarias, la primera consiste en la observación directa de la conducta del usuario, la segunda en la experimentación, observando la variabilidad en la conducta del usuario conforme la alteración de variables controladas por el investigador. El tercer método consiste en la aplicación de un cuestionario directamente al posible usuario.

Se selecciona el tercer método para la generación de información, y se prosigue a determinar los objetivos que se pretenden cumplir en esta etapa del estudio.

Objetivos

- Determinar la probabilidad de éxito del producto
- Definir el grado de interés de adquirirlo en los próximos meses
- Determinar el precio que se necesita para que el producto tenga éxito
- Definir los segmentos potenciales de compra (perfiles)
- Estimar el nivel de conocimiento de este tipo de productos

### Metodología

Existe la necesidad de elaborar un estudio muy general, que nos proporcione un panorama preliminar de la posible aceptación del uso del sanitario autosustentable. La encuesta se realizó a través de internet con el programa Survey Monkey, logrando 188 encuestas respondidas. Los resultados completos de las mismas se ubican en el apéndice B.

Por el número de encuestas contestadas, se considera como un estudio exploratorio, que refleja de manera preliminar la posible aceptación del Sanitario Autosustentable

De los 188 cuestionarios respondidos el 52 % fueron contestados por hombres y 48 % por mujeres.

---

<sup>3</sup>Fuente: Evaluación de proyectos, Baca Urbina, Gabriel.2010.

El rango de edad de 67% de los encuestados fue de 20 a 30 años, el nivel máximo de estudios de 62% es licenciatura, y el 71% de las personas que contestaron el estudio no son cabeza de familia. Los datos anteriores muestran que la encuesta resultó prácticamente proporcionada en cuanto al género del encuestado, y se deduce que aproximadamente el perfil de las respuestas corresponden a un individuo con promedio de 20 a 30 años, con licenciatura terminada y sin responsabilidad de una familia. Las preguntas que se hicieron fueron, ¿Cómo considera la situación del agua en México?, esta pregunta nos muestra la percepción general del nivel de la problemática de la situación del agua en el país. ¿Qué tan dispuesto estaría usted de querer modificar sus hábitos cotidianos, para contribuir al uso responsable del agua?, esta pregunta está enfocada a conocer el grado de compromiso que implica el cambio de paradigma del uso del sanitario convencional a uno autosustentable. ¿Qué tan seguro está de querer adquirir un sanitario autosustentable?, pregunta de reafirmación para conocer el interés real de adquirir un sanitario autosustentable. ¿Qué precio considera que debe tener un sanitario autosustentable?, esta pregunta ayuda para poder determinar cuánto estarían dispuestos a pagar por un sanitario autosustentable, y la última ¿Cuál sería la razón para no utilizar un sanitario autosustentable?, esta pregunta tiene el fin de conocer qué impediría que los posibles usuarios, decidan usar el sanitario.

Las conclusiones a las respuestas se muestran en la tabla 4.

<i>Percepción de la situación del agua en México</i>	Muy crítica (57.6%)
<i>Disposición para la modificación de hábitos cotidianos</i>	Muy dispuesto (82.4%)
<i>Porcentaje de personas que dicen estar seguros de querer adquirir un sanitario autosustentable</i>	47%
<i>Rango de precio considerado adecuado</i>	\$ 1,000 - \$2,000 pesos (50.6%)
<i>Preferencia en el manejo de desechos</i>	Realizado por una empresa privada (50.0%)
<i>Razón principal para no comprarlo</i>	Creencia que el sanitario tiene un olor desagradable (32.2%)

Tabla 4: Resultados del estudio preliminar.

Con base en el estudio exploratorio se puede indagar que la percepción de la situación del agua en México, es *muy crítica* en el 60% de los encuestados, aun así sólo un 47% está muy dispuesto a querer adquirir un sanitario autosustentable, a la mitad de los posibles usuarios, les gustaría que sus desechos fueran tratados por empresas privadas y el precio aceptable para decidir comprar un sanitario, sería en un rango de \$1,000 a \$2,000 pesos. En cuanto a los que no comprarían un sanitario declaran que la razón principal de no hacerlo, es que consideran

que huele mal.

Los resultados relacionados con la percepción son retomados en la sección 3.4.

Se destaca en esta sección que el reto de realizar un sanitario autosustentable con buena aceptación, es una tarea que correspondió al proyecto General, pero no es alcance de este trabajo.

Sin embargo se adjunta la información pues se consideran reveladores los resultados obtenidos, y de suma importancia ya que esta labor debe ser preparada con antelación.

La encuesta, señala que la principal razón de rechazo de uso del sanitario autosustentable es la creencia que huele desagradable, esta creencia puede ser hasta cierto punto comprensible, sin embargo es necesario resaltar que el sanitario durante su uso adecuado no expide olores desagradables.

### 3.1.5. Proyección de la demanda de fertilizantes

“Se prevé que la implementación del esquema de materias primas para los fabricantes de fertilizantes contribuya a reactivar la producción doméstica en los próximos años, de tal forma que permita reducir las importaciones.”<sup>4</sup>

Con base en la figura 4 se ha hecho una proyección del consumo aparente para los próximos quince años. Ver figura 8.



Figura 8: Proyección de la demanda de fertilizantes. Fuente: Elaboración propia.

<sup>4</sup>FIRA: El mercado de los fertilizantes en México, 2011.

La gráfica anterior representa la demanda de los próximos años, situándola en niveles superiores a 2.7 millones de toneladas, que es un panorama favorable para el proyecto.

### **3.1.6. Comercialización del producto**

Para la venta del producto, se propone en primer lugar buscar venderlo directamente a instituciones de gobierno, ya que se considera como el principal interesado en elevar la productividad del campo. En segundo lugar se busca que los productores de productos orgánicos, consideren estos abonos y fertilizantes como la mejor opción del mercado.

La estrategia para lograrlo, sería aplicar en las licitaciones que el gobierno realiza, e inscribirse a asociaciones de productores orgánicos. También se considera la elaboración de una página de internet, utilizando las redes sociales en específico Facebook, a fin de captar e incrementar la publicidad.

Los resultados generales que se obtienen del Estudio del Mercado Nacional son:

Cada litro de orina humana contiene en promedio 20 g de urea.

En el 2009, se produjeron fertilizantes superfosfatos y sulfatos de amonio que en conjunto sumaron poco menos de 800,000 toneladas.

La demanda proyectada para los próximos años supera los 2.7 millones de toneladas anuales. Son once los estados de la República Mexicana donde se concentra el uso de fertilizantes.

### 3.2. Estudio Técnico

A continuación se muestra el estudio de localización de la planta, la descripción del proceso de producción de los fertilizantes, así como el equipo humano y material necesarios para la producción. También se muestran aspectos legales que deben ser observados.

El estudio técnico y el económico se relacionan de manera importante, ya que los parámetros de producción afectarán los resultados monetarios obtenidos, y los resultados monetarios obtenidos permiten incrementar la producción. De tal manera que esta relación se ajustó en repetidas ocasiones, a fin de encontrar el punto óptimo entre ambos. Cabe señalar que hay supuestos de factibilidad en este proyecto, el primero es que los usuarios ya cuentan con sanitarios autosustentables en sus casas, y que de hecho son 2,000 familias con un promedio de 4 integrantes que habitan en un mismo conjunto habitacional.

#### 3.2.1. Localización óptima de la planta

Para seleccionar la Delegación del Distrito Federal donde se instalará la planta de producción se realizó una investigación del número de unidades habitacionales que existen en cada delegación, la disponibilidad de agua per cápita y la producción agrícola generada.

Como se muestra en la tabla 5 a cada factor se le asigna un peso o ponderación.

<b>Factor</b>	<b>Ponderación</b>
1. Número de unidades habitacionales	0.10
2. Disponibilidad de agua	0.80
3. Producción agrícola	0.10

Tabla 5: Factores seleccionados y ponderación.

La ponderación con mayor peso, es la disponibilidad de agua, entre menor disponibilidad mayor calificación, se considera así porque se cree que entre más difícil sea el acceso al vital líquido, los usuarios aceptarán el uso del sanitario autosustentable con mayor facilidad. En la figura 9 se muestran los resultados de todas las calificaciones obtenidas de la ponderación.

Delegación	Criterios de selección			Calificación			Resultado
	superficie sembrada (Héctareas)	Dotación de agua potable l/hab/d 2007	unidades habitacionales	superficie sembrada (Héctareas)	Dotación de agua potable l/hab/d 2007	unidades habitacionales	
Alvaro Obregón	97	391	26	0	8	3	7
Azcapotzalco	0	326	75	0	8	5	7
Benito Juárez	0	455	23	0	7	2	6
Coyoacán	0	312	84	0	8	5	7
Cuajimalpa de morelos	105	525	7	0	6	0	5
Cuauhtemoc	0	480	157	0	7	10	7
Gustavo A. Madero	0	343	60	0	8	5	7
Itztacalco	0	317	50	0	8	5	7
Iztapalapa	0	238	349	0	9	10	8
Magdalena Contreras	397	414	0	1	7	0	6
Miguel Hidalgo	0	478	34	0	7	3	6
Milpa Alta	9,420	231	0	10	9	0	8
Tlahuac	4,396	177	66	5	10	6	9
Tlalpan	6,664	249	43	6	9	4	8
Venustiano Carranza	0	337	82	0	8	5	7
Xochimilco	1,602	214	10	1	9	0	7

Figura 9: Determinación de la localización óptima de la planta. Fuente: INEGI, 2010.

La Delegación con mejor calificación es Tlhuac, por lo que se propone establecer ahí la planta.

### 3.2.2. Descripción del proceso productivo

Se acuerda con aproximadamente 2,000 familias del mismo conjunto habitacional, que instalen y utilicen sanitarios autosustentables en sus casas. El costo de instalación del sanitario corre a cuenta de los usuarios. El conjunto se acondiciona para recolectar los desechos. Para tal efecto se instalan tres contenedores de  $14m^3$ , y tres tanques de almacenamiento de 14,000 litros.

La figura 10, muestra un diagrama general del proceso productivo. Se inicia recolectando del conjunto habitacional los líquidos depositados en los contenedores, se transporta a la planta donde se da tratamiento, consistente en un filtrado inicial y almacenamiento adecuado, posterior al tratamiento se hace una prueba de calidad, donde se verifica que el fertilizante esté libre de patógenos.

El proceso de elaboración de fertilizante es prácticamente el mismo que el descrito anteriormente, con la diferencia del tratamiento, ya que para el abono, se incluye en esta parte, el secado solar del material obtenido, esto se detalla a continuación.

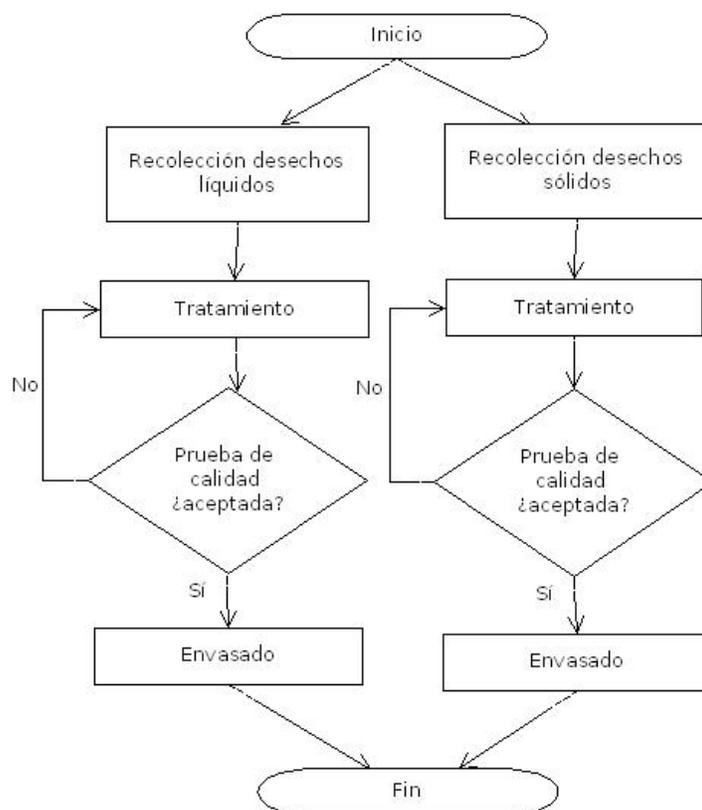


Figura 10: Diagrama de actividades generales del Proceso de producción.

### Elaboración de fertilizante orgánico

La figura 11 muestra el diagrama de flujo del proceso y la tabla 6, el equipo y tiempo necesario.

#### Traslado a la unidad habitacional, llenado de pipa y traslado a la planta

Con una pipa de 14,000 litros se procede a iniciar la recolección de la orina procedente de los contenedores instalados en la unidad habitacional. La recolección se hará diario, pero se prevé colocar dos tanques adicionales de repuesto.

#### Recepción, filtrado y canalización a tanques de almacenamiento.

Una vez en la planta se filtra la orina y se envía a los tanques de almacenamiento.

#### Almacenamiento, control de calidad y envasado.

En el área de tratamiento de fertilizante se colocarán 132 tolvas con capacidad de 14,000 litros cada una. Éstas se llenarán conforme se recoja el material líquido del conjunto habitacional. Para tratar la orina la Agencia Sueca del Medio Ambiente, recomienda el almacenamiento de la misma por 6 meses a una temperatura superior a 20 °C. Por lo tanto, transcurridos seis meses, se realizará una prueba a cada contenedor para verificar la ausencia de patógenos en el fertilizante.

Una vez que el fertilizante es considerado libre de patógenos, es envasado. Se llenan bidones de 20 litros los cuales son introducidos manualmente a una caja de cartón, con capacidad de 9 bidones. Se estiban cinco cajas en la tarima y de ahí se transportan los 900 litros, con el montacargas al almacén de producto terminado.



Figura 11: Flujo de actividades de producción de fertilizante orgánico.

La siguiente tabla, detalla el equipo necesario para cada actividad, así como el tiempo estimado para su realización. También muestra el área destinada para cada tarea.

<i>No.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Equipo</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Área</i>
1	Traslado a la unidad habitacional	Pipa de 14,000 litros	1.5 h	N/A
2	Llenado de pipa	Pipa de 14,000 litros	0.5 h	N/A
3	Regreso a la planta	Pipa de 14,000 litros	1.5 h	N/A
4	Recepción de material	-	N/A	N/A
5	Filtrado	Filtro industrial	1 h	4m <sup>2</sup>
6	Canalización a tanque de almacenamiento	Tubería	1 h	N/A
7	Almacenamiento por seis meses	132 Tolvas de almacenamiento	6 meses	932m <sup>2</sup>
8	Toma de muestra para laboratorio	Recipiente esterilizado	tres días	N/A
9	Envasado del producto en bidones	Bidones etiquetados	dos días	N/A
10	Transportación de bidones al almacén de producto terminado	Montacargas, tarimas	2 h	N/A
11	Almacenamiento	Almacén de producto terminado	El mínimo necesario	56m <sup>2</sup>

Tabla 6: Actividades para la producción de fertilizante orgánico.

### **Elaboración de abono orgánico**

En la figura 13 se muestra el proceso general para la obtención de abono orgánico.

El sanitario autosustentable cuenta con un depósito de  $25dm^3$ , el cual una vez lleno, será vaciado por cada familia en un contenedor hermético con capacidad de  $14m^3$ , ubicado en el patio trasero común.

#### **Traslado a la unidad habitacional, intercambio de contenedores y regreso a la planta**

Con el camión de volteo de  $14m^3$ , se procede a recoger el abono de los contenedores.

#### **Recepción de material, pesado y canalización a cámara de secado.**

La recepción del material y todo el proceso debe hacerse con las medidas de seguridad adecuadas. Se utiliza un cargador frontal para introducir el material a las cámaras de secado. Las cámaras de secado, ver figura 12 alcanzan temperaturas mayores a  $45^{\circ}C$ , y de acuerdo al anexo B, la estancia de un mes en las cámaras, es tiempo suficiente para que el abono se compostee y se eliminen los patógenos.

#### **Tratamiento**

Para el tratamiento de las heces, se toma como referencia las recomendaciones del Instituto Ambiental Sueco (ver figura 21).

En el área de tratamiento de las heces se instalan 2 secadores solares, como se ilustra en la figura 12. Los secadores tienen una longitud de  $4.7 m$  por lado, para poder contener sin problemas  $10.125 m^3$  cada uno. El material será depositado con montacargas frontal por un período de tres semanas. El material es removido cada semana.

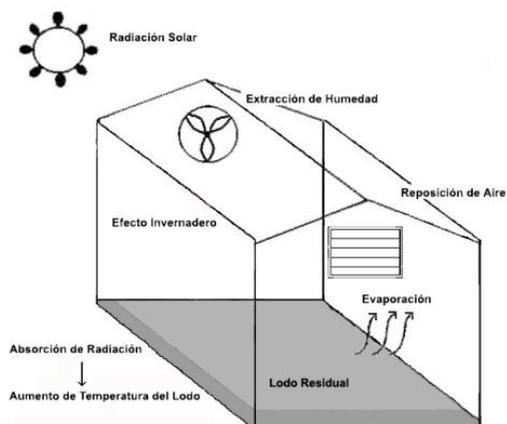


Figura 12: Cámara de secado solar.

### **Prueba de calidad**

Para que el abono obtenido pueda ser comercializado, es necesario que cumpla los requisitos de la NTEA-006-SMA-RS-2006. Ver anexo C

### **Envasado**

Para envasar el abono, se traslada a la tolva de llenado, para llenar los sacos de 50 kilogramos.



Figura 13: Flujo de actividades de producción de abono orgánico.

La siguiente tabla, detalla el equipo necesario para cada actividad, así como el tiempo estimado para su realización. También muestra el área destinada para cada tarea.

Actividad	Descripción	Equipo	Tiempo	Área
1	Traslado a la unidad habitacional	Camión de volteo de 14 m <sup>3</sup>	1.5 h	N/A
2	Intercambio de contenedor	Camión de volteo de 14 m <sup>3</sup>	1 h	N/A
3	Regreso a planta	Camión de volteo de 14 m <sup>3</sup>	1.5 h	N/A
4	Recepción de material	Camión de volteo	N/A	N/A.
5	Pesado	Báscula de 1.5 toneladas	0.33 h	16 m <sup>2</sup>
6	Traslado a cámara de secado	Cargador frontal	1 h	N/A
7	Secado a 50 °C por 21 días	Cámara de secado solar	21 días	22.09m <sup>2</sup>
8	Volteo	cargador frontal	0.5 h.	N/A
9	Inspección de calidad	Muestra	2 días	N/A
10	Traslado a tolva de llenado	cargador frontal	1 h	N/A
11	Envasado	Tolva de llenado	tres día	4 m <sup>2</sup>
12	Traslado a almacén de producto terminado	Montacargas	tres días	
13	Almacenamiento	Almacén de producto terminado	Mínimo	20 m <sup>2</sup>

Tabla 7: Actividades para la producción de abono orgánico.

Equipo	Cantidad
Tolvas de acopio (tanques de almacenamiento de alta densidad) con capacidad de 14,000 l	132
Volquetas	10
Retroexcavadora de pala frontal	1
Montacargas	1

Tabla 8: Maquinaria.

### 3.2.3. Determinación de las áreas de trabajo

El área total de la planta se muestra en la siguiente tabla. Ver tabla 9.

Área	Descripción	Metros cuadrados
Recepción de materiales	espacio de descarga	50
Producción de fertilizante	espacio para 132 tolvas	932
Producción de abono	4 cámaras de secado	72
Almacén de fertilizante	Almacenamiento de bidones	25
Almacén de abono	espacio para costales de 50Kg	25
Sanitarios	dos sanitarios con lavabo, regadera y vestidor	14
Oficinas	una sola oficina grande	25
Estacionamiento	4 cajones	90
<b>Total</b>		<b>1,232</b>

Tabla 9: Superficie por área.

#### Recepción de materiales

Espacio suficiente para descarga de una pipa y un camión de volteo.

#### Producción de fertilizante

Se necesita almacenar 285,120 litros de orina mensuales aproximadamente, por 6 meses. Para tal efecto, se ubican 132 tanques de almacenamiento de 14,000 litros cada uno, los cuales tienen un diámetro de 3m y un área de 7 m<sup>2</sup>.

#### Producción de abono

Se necesita dar tratamiento a 9.138 m<sup>3</sup>. Las cámaras de secado tienen una superficie de 22.09 m<sup>2</sup> con capacidad de 11.045 m<sup>3</sup>. El material permanecerá por tres semanas, en el secador solar. Se instalarán 4 secadores solares, para dar un margen de utilización.

#### Almacenes, oficinas y otros

Se contempla el espacio para el almacén de producto terminado, las oficinas y los servicios de estacionamiento y sanitarios.

La distribución final de la planta aparece en la siguiente figura (Ver fig.14).

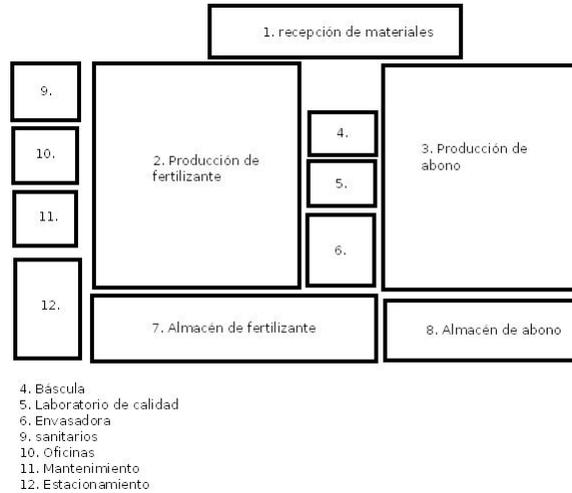


Figura 14: Distribución de la planta.

### 3.2.4. Organigrama

La estructura funcional está diseñada con un departamento de producción, uno de ventas y otro de contabilidad, con un asesor legal externo. La dirección general en la cabeza de la empresa (ver fig. 15).

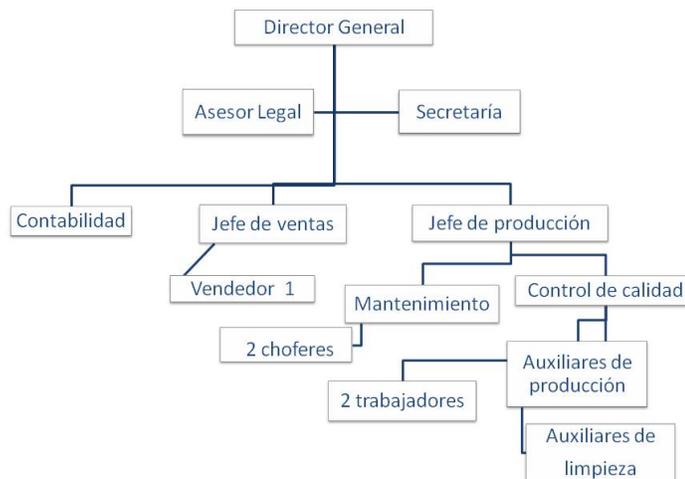


Figura 15: Organigrama general de la empresa.

### 3.2.5. Aspectos Legales

En el estudio legal, se tienen que considerar desde la constitución de la Sociedad, hasta contratos con empleados y normas de operación y seguros.

Leyes y normas de operación que deben ser consideradas para la realización del proyecto.

#### ■ **Leyes de Residuos:**

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos
- Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental
- Reglamento para transporte terrestre de materiales peligrosos y residuos
- NOM-052-SEMARNAT-2005. Norma Oficial Mexicana que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- NOM-057-ECOL-93 Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos
- NOM-087-ECOL-1995, Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica
- NOM-055-ECOL-1993, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos.
- NOM-056-SEMARNAT-93 que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos
- NOM-083-SEMARNAT-2003, Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial
- **Producción orgánica:**
- Ley de Productos Orgánicos
- NOM-003-STPS-1999, Actividades agrícolas de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes

- NOM-058-SSA1-1993, por la que se establecen los requisitos sanitarios para los establecimientos que fabrican y formulan plaguicidas y fertilizantes y que procesan sustancias tóxicas o peligrosas
- NTEA-006-SMA-2006, Norma Técnica Estatal Ambiental, que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos
- PROY-NTEA-006-SEGEM-RS-2005, Anteproyecto de Lineamientos Técnicos para la operación agropecuaria orgánica
- **Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente:**
  - Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
  - Ley Ambiental del Distrito Federal
  - Certificación de condición sanitaria de la Secretaría de Salud

En resumen, en esta sección se define que la delegación ideal para la instalación de la planta es Tláhuac, la planta debe contar con mínimo  $1,232 m^2$ . Se pretende una producción anual de 3.4 millones de litros de fertilizante y 277,800 kilogramos de abono orgánico. El tiempo total aproximado de producción del fertilizante es de seis meses y medio, y para el abono orgánico mes y medio aproximadamente.

### 3.3. Estudio Económico

A continuación se desarrollan los parámetros económicos obtenidos como costos totales de producción, el monto de la inversión inicial, la amortización asociada, el cálculo de la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento y la Tasa Interna de Retorno, entre otros.

La producción inicial propuesta es de 14,256 bidones y 463 costales mensuales que se obtendrían del acopio de aproximadamente 2,000 familias.

Los costos anuales asociados a este nivel de producción se muestran en la siguiente tabla:

Concepto	Costo
materia prima	0
envases y embalajes	1,818,945
servicios	122,880
combustibles	312,000
m.o. directa	480,000
m.o. indirecta	390,000
mantenimiento	51,200
control de calidad	36,000
renta terreno	840,000
depreciación	1,242,992
<b>TOTAL</b>	<b>5,293,567</b>

Tabla 10: Costo total de producción.

En la siguiente tabla se observan otros costos.

Concepto	Costo
equipo de producción	4,928,776
Inversión en equipo de cómputo	30,271
inversión en mobiliario	27,310
activo diferido	122,880
combustibles	312,000
m.o. directa	480,000
m.o. indirecta	390,000
<b>TOTAL</b>	<b>6,291,237</b>

Tabla 11: Otros Costos.

### 3.3.1. Depreciación y amortización

La tabla 13 muestra el valor de la depreciación de la inversión, si se suma el valor restante de depreciación después de cinco años, se obtiene el Valor de Salvamento, que es de \$1,453,327.

Concepto	porcentaje	años	Inversión	1 - 3	4	5 - 10	11 - 20
epo. de producción	25	4	4,248,000	1,062,000	1,062,000	-	-
vehículos	25	4	680,776	170,194	170,194	-	-
equipo de oficina	10	10	32,384	3,238	3,238	3,238	-
computadoras	30	3.33	25,198	7,567	2,497	-	-
obra civil	5	20	1,754,000	87,700	87,700	87,700	87,700
inversión diferida	10	10	243,271	24,327	24,327	24,327	-
<b>TOTAL</b>	-	-	6,983,629	1,355,026	1,349,957	115,265	87,700

Tabla 12: Depreciación.

Del monto total requerido de \$6,983,629 se decide solicitar un préstamo bancario por \$1,500,000 el resto es proporcionado por los inversionistas del proyecto. La deuda bancaria tiene una tasa de interés de 13%, pagadera a tres años. Su amortización se muestra en la siguiente tabla.

año	Interes	anualidad	Pago a capital (principal)	deuda después de pago
0	-			\$ 1,500,000
1	\$ 195,000	\$ 635,283	\$ 440,283	\$ 1,059,717
2	\$ 137,763	\$ 635,283	\$ 497,520	\$ 562,197
3	\$ 73,086	\$ 635,283	\$ 562,197	-\$ 0

Figura 16: Amortización de la deuda.

### 3.3.2. Cálculo de la TMAR

La fórmula para el cálculo de la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento es:

$$TMAR = \text{inflacion} + \text{premio riesgo} + (\text{inflacion} * \text{premio riesgo})$$

En este caso se considera una inflación de 3.66% y un premio al riesgo por parte de los inversionistas privados del 12%. De este modo se obtiene:

**Inversión Privada:**

$$\begin{aligned} TMAR &= 0.0366 + 0.12 + (0.0366 * 0.12) \\ &= 16.10 \% \end{aligned}$$

Para el caso de la inversión por parte del banco, se considera una inflación de 3.66% y un premio al riesgo previamente establecido de 13.135%. Que genera:

**Inversión financiera:**

$$\begin{aligned} TMAR &= 0.0366 + 0.13135 + (0.0366 * 0.13135) \\ &= 17.28 \% \end{aligned}$$

**Inversión Mixta:**

$$\begin{aligned} aportacion * TMAR &= TMAR_{Global Mixta} \\ 0.79 * 0.1610 &= 0.1271 \\ 0.21 * 0.1728 &= 0.0328 \\ &= 0.1634 \end{aligned}$$

La TMAR Global Mixta es el resultado de la combinación proporcional de la TMAR de los inversionistas y del banco, respecto de sus aportaciones. Es la que se utiliza para encontrar el Valor Presente Neto y como referente comparativo de la Tasa Interna de Retorno.

El precio de venta de los galones es de \$60.00 y el de los costales de \$ 56.00. Esto nos da ingresos de \$10,964,856.00 pesos anuales. La inflación considerada es 3.68, 3.70, 3.66, 3.63 y 3.63 % <sup>5</sup>, respectivamente.

La inversión inicial se obtiene restando el financiamiento, es decir, \$6,938,629 menos \$1,500,000 queda \$5,438,629.

La fórmula del Valor Presente Neto es:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5}$$

sustituyendo valores en miles de pesos:

$$VPN = -5,438 + \frac{3,967}{(1.1634)^1} + \frac{3,946}{(1.1634)^2} + \frac{3,925}{(1.1634)^3} + \frac{4,530}{(1.1634)^4} + \frac{3,250 + 1,453}{(1.1634)^5}$$

$$VPN = 8,015$$

Para la figura 17 corresponde un VPN de \$8,015,000 con una TMAR Global Mixta de 16.34 % que contempla un riesgo de 12 % por parte de los inversionistas. Y una  $TIR_{financiera}$  <sup>6</sup> de 68.35 %.

concepto	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
ingreso	\$ 10,964,856	\$ 10,964,856	\$ 10,964,856	\$ 10,964,856	\$ 10,964,856
costo de producción	\$ 5,488,370	\$ 5,489,429	\$ 5,487,312	\$ 5,485,724	\$ 5,485,724
costo de admon	\$ 460,675	\$ 460,764	\$ 460,586	\$ 460,453	\$ 460,453
costo de ventas	\$ 186,624	\$ 186,660	\$ 186,588	\$ 186,534	\$ 186,534
costos financieros	\$ 195,000	\$ 137,763	\$ 73,086	\$ -	\$ -
utilidad antes de impuestos	\$ 4,634,186	\$ 4,690,239	\$ 4,757,284	\$ 4,832,145	\$ 4,832,145
impuestos	\$ 1,631,234	\$ 1,650,964	\$ 1,674,564	\$ 1,700,915	\$ 1,700,915
PTU	\$ 463,419	\$ 469,024	\$ 475,728	\$ 483,215	\$ 483,215
ISR	\$ 1,167,815	\$ 1,181,940	\$ 1,198,836	\$ 1,217,701	\$ 1,217,701
utilidad despues de impuestos	\$ 3,002,953	\$ 3,039,275	\$ 3,082,720	\$ 3,131,230	\$ 3,131,230
depreciación	\$ 1,404,891	\$ 1,405,162	\$ 1,404,620	\$ 1,398,960	\$ 119,450
pago de capital	\$ 440,283	\$ 497,520	\$ 562,197	\$ -	\$ -
<b>Flujo Neto Efectivo</b>	\$ 3,967,561	\$ 3,946,918	\$ 3,925,143	\$ 4,530,190	\$ 3,250,680

Figura 17: Estado de resultados con inflación, financiamiento y producción constante.

### 3.3.3. Período de recuperación de la Inversión

Para recuperar la inversión de \$6,983,629 se necesita un año nueve meses. El cálculo es sumar los Flujos Netos de Efectivo hasta que el monto de inversión sea superado, en este caso

<sup>5</sup>Encuesta Sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado: Abril de 2012. Banco de México. Mayo 2012.

<sup>6</sup>La  $TIR_{financiera}$  es la Tasa Interna de Retorno que contempla el financiamiento.

los correspondientes al año 1 y 2. A \$6,983,629 (inversión inicial) se le resta \$3,967,561 (la recuperación de la inversión en el primer año) queda un remanente de \$3,016,068 este resultado se divide entre \$3,946,918 (recuperación en el segundo año) y queda 0.76. Es decir que falta un período de 0.76 años para recuperar la inversión, para convertirlo a meses se multiplica por doce. Se obtiene que el período total es de un año con nueve meses.

Aplicando el procedimiento anterior se obtiene que la recuperación de la inversión de \$5,438,628 es de un año con cuatro meses.

### 3.3.4. Análisis de Sensibilidad

En la figura 18, se muestran los valores del Valor Presente Neto relativos a diferentes niveles de TMAR, el riesgo varía de 10 a 15% , este riesgo es atribuido a la aceptación de los inversionistas.

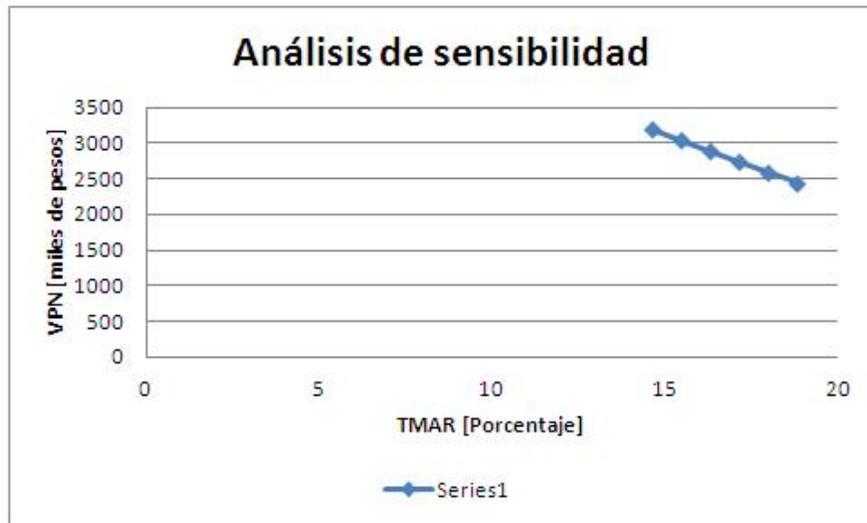


Figura 18: Análisis de Sensibilidad.

## 3.3.5. Determinación del punto de equilibrio

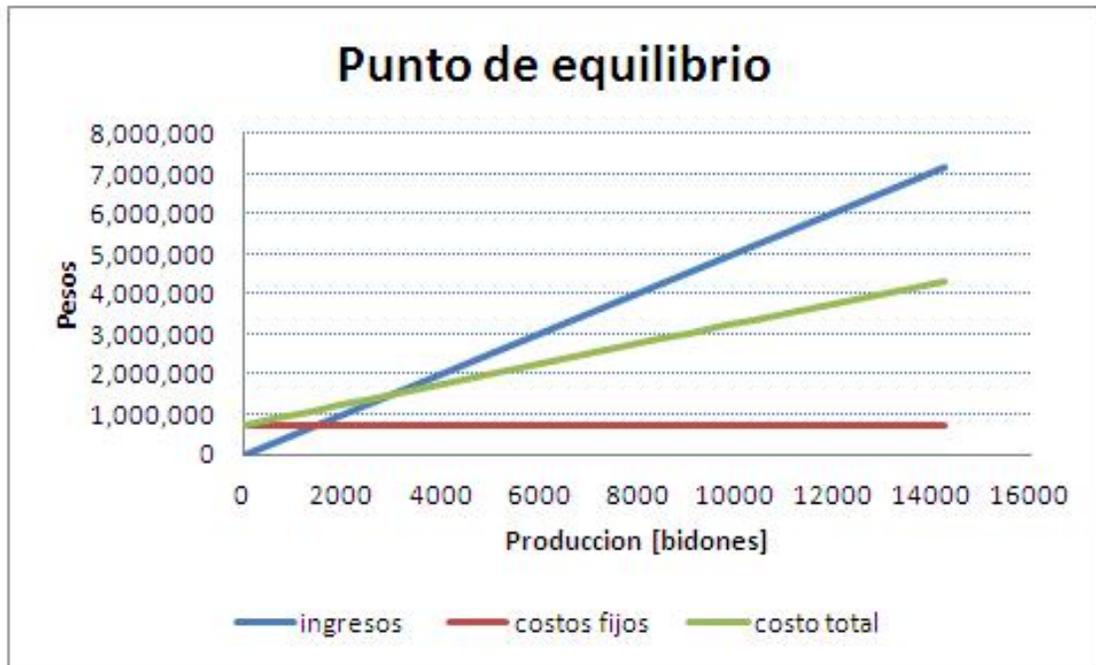


Figura 19: Punto de equilibrio.

El punto de equilibrio se encuentra por arriba de una producción de 4,000 bidones mensuales, de 20 litros cada uno, lo que equivale a una producción de 960,000 litros de fertilizante al año.

### 3.4. Panorama Socio-Cultural

En esta sección se plantean aspectos sociales considerados para el uso de sanitarios auto-sustentables.

“La dimensión humana debe estar en el centro de cualquier innovación tecnológica”.

Una parte fundamental para el estudio e implementación en este tipo de proyectos son la relación producto - usuario.

“La incorporación de nuevas técnicas corporales<sup>7</sup> requiere de un nuevo proceso de aprendizaje para los usuarios que los utilizan, ya que si bien a primera vista la técnica corporal para su uso es casi la misma empleada en el uso del inodoro, a la vez, implica un proceso de aceptación e incorporación de nuevos factores, ya que parece que la percepción del individuo en relación a la higiene cambia en el momento en que su estructura sensible se enfrenta a un medio ajeno a las prácticas convencionales.

No debemos olvidar que el conocimiento que adquirimos sobre la técnica corporal de “ir al baño”, lo obtenemos de nuestros antecesores (padres, abuelos, hermanos, tíos, etc.), por lo cual es un saber 100 % social, así como la concepción de “limpio”, “sucio”, “higiénico”, “repugnante”, “asqueroso”, y otros atributos referentes no sólo a los movimientos corporales necesarios para la práctica, sino también a las condiciones físicas del mobiliario en general donde ésta es llevada a cabo. Debido a esto, también considero que, más que un proceso de “concientización” hacia la urgencia de tomar medidas a favor del medio ambiente, lo que aquí se pone en juego con el uso de los Sanitarios Autosustentables son las consecuencias prácticas de un proceso histórico complejo. Siguiendo en esa misma línea, no existe el ser humano aislado, independiente y extraño a los otros, y por eso mismo tampoco las prácticas “naturales e inmutables”. Todo es parte de un proceso, de una construcción social-histórica. Si esto nos sirve para mirar al mundo de una forma diferente, podemos ver que las cosas pueden hacerse de un modo diferente. El paradigma del WC como sinónimo de la “modernidad” no es la excepción <sup>8</sup>

En este escenario Diana propone la siguiente Hipótesis:

*La sensación de aparente “protección” que brinda el agua es una construcción social e histórica, por lo tanto, puede suponerse que la estructura sensible de los individuos se ve violentada cuando se enfrentan a una situación nueva en donde el agua deja de ser protagonista de la higiene. Por tanto, si podemos entender cómo se construyen las percepciones que relacionan el uso del agua con la higiene corporal, se podrán tomar medidas para fomentar el uso de los sanitarios autosustentables.*

De este modo los resultados del esbozo del análisis socio-cultural, apunta a un estudio más profundo de las percepción en la construcción de la relación del uso del agua con la higiene.

---

<sup>7</sup> *Técnica corporal*: forma en que los hombres, sociedad por sociedad, hacen uso de su cuerpo en una forma tradicional.

<sup>8</sup> RAMÍREZ GARCÍA, Diana. *Las concepciones sociales de la higiene corporal. Un análisis a propósito de un sistema de saneamiento alternativo (Baño seco)*. Tesis en proceso.

### **3.5. Discusión de Resultados**

En esta sección se analizan y amplían los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.

La realización de abonos y fertilizantes orgánicos es completamente factible, siempre y cuando se consideren las medidas de seguridad adecuadas.

A partir de la privatización de Fertilizantes Mexicanos en 1999, la producción nacional de fertilizantes disminuyó casi 80 %, este déficit fue subsanado con el aumento en la importación de fertilizantes, que llegó a alcanzar niveles superiores a 2.8 millones de toneladas. El fertilizante más importante en cuanto al volumen de importación es la urea. En este sentido el fertilizante orgánico aquí promovido tiene un mercado asegurado al cual entrar.

La evaluación fue compleja por el número de variantes a considerar, además el estudio económico y el técnico se relacionan entre sí, de tal modo que deben realizarse interacciones repetitivas a fin de lograr un punto óptimo entre ellas.

El panorama del proyecto es favorable, ya que la TIR (68.35 %) es mayor que la TMAR (16.34 %) y el VPN (\$8,015,000) obtenido es mayor a cero.

La evaluación al tener producción y ventas constantes, implica limitaciones, ya que es más probable que al ser tan rígida, no se cumpla al cien por ciento. Por otro lado el análisis del punto de equilibrio, al no considerar el valor de la inversión inicial, se vuelve un parámetro inexacto y por lo tanto deber ser considerado con cuidado en la toma de decisiones.

En este trabajo no se realizó un estudio del impacto ambiental, ya que se enfocó principalmente en el estudio económico, sin embargo vale la pena resaltar que en la investigación se encontraron diversos textos que muestran los beneficios importantes para cultivos fertilizados con orina humana tratada.

## 4. Conclusiones y Recomendaciones

La propuesta inicial del proyecto fue recolectar de un sólo conjunto habitacional los desechos generados a partir del uso de sanitarios autosustentables, sin embargo existen otros métodos de recolección de desechos, como pueden ser sanitarios públicos, o sanitarios de escuelas o institutos.

La materialización de la empresa es posible en términos económicos, sin embargo, primero se necesita que existan personas dispuestas al uso del sanitario autosustentable, en este sentido parece que la parte más crucial de este proyecto es precisamente esta condicionante.

La inversión inicial de 6,000,000 pesos es importante en cuanto al monto, por lo que está orientada a inversionistas con alta capacidad monetaria, o empresas consolidadas orientadas a la sustentabilidad o la ecología que quieran ampliar su área de negocio.

El Macro proyecto incorporó varias disciplinas (sociología, diseño industrial, química, finanzas, etc.) resolviendo una inquietud de la Sociedad Civil, sin embargo no está agotado y aún quedan áreas de oportunidad para la incorporación de nuevos elementos que aporten y complementen el Macro proyecto, tal es el caso de un estudio legal más profundo y el desarrollo de una campaña de Mercadotecnia eficiente y atractiva. Es evidente que entre más perspectivas se tengan de un problema mejor puede solucionarse, por lo tanto el trabajo multidisciplinario debe ser cada vez más una constante en el desarrollo de estudios y proyectos académicos.

El presente trabajo se evaluó como un proyecto de inversión, sin embargo por sus características también puede convertirse en un proyecto social, siempre y cuando provenga de una política social. Para este camino se recomienda el enfoque de estudio y evaluación utilizado por Ernesto Cohen y Rodrigo Martínez.

El uso del Sanitario Autosustentable, visto como una realidad para la Ciudad de México parece alejada aún, sin embargo habrá que seguir difundiendo los beneficios asociados para lograr expandir su uso. En este sentido también es importante señalar que los beneficios serían inmediatos pues al utilizar sanitarios autosustentables se dejará de consumir agua potable, por lo tanto se reduciría el caudal de aguas negras, se iniciaría un método eficiente de compostaje de los desechos y se produciría un fertilizante de uso seguro.

### **Recomendaciones**

La evaluación económica aquí planteada, es un referente que debe ser considerado sólo como eso, un referente, ya que las condiciones del mercado y la inflación son variables en constante cambio.

Se recomienda realizar un estudio considerando las implicaciones de utilizar un método de refrigeración que disminuya el tiempo necesario de almacenamiento de la orina.

Para poder determinar con mayor precisión condiciones favorables para la comercialización del producto, se sugiere un estudio de mercado más profundo que tenga de referencia regiones del país con la menor disponibilidad de agua. Además de implementar convenios con los gobiernos e instituciones agrícolas para comercializar el producto, es una opción viable que puede considerarse en trabajos futuros relacionadas a este tema.

## A. Resultados de la encuesta aplicada vía internet

1.- Por favor indique su sexo

- femenino (47.8 %)
- **masculino (52.2 %)**

2.- ¿Qué edad tiene?

- 0-10 años (0.5 %)
- 10-20 años (1.6 %)
- **20-30 años (67.2 %)**
- 30-40 años (11.8 %)
- 40-50 años (10.2 %)
- 50-60 años (7.0 %)
- 60 o más (1.6 %)

3.- ¿Cuál es su nivel máximo de estudios?

- primaria (0.5 %)
- secundaria (0.5 %)
- preparatoria o equivalente (11.0 %)
- carrera técnica (7.1 %)
- **licenciatura (62.1 %)**
- posgrado (18.7 %)

4.- ¿Es usted jefe(a) de familia?

- sí (28.7 %)
- **no (71.3 %)**

5.- ¿Cuántas personas viven en su domicilio?

- 1 - 2 (14.9%)
- **3 - 4 (52.5%)**
- 5 - 6 (27.6%)
- más de 6 (5.0%)

6.- ¿Cuántos sanitarios hay en su domicilio?

- **1-2 (75.3%)**
- 3-4 (22.5%)
- 5-6 (2.2%)
- más de 6 (0%)

7.- ¿Qué opinión tiene del sanitario autosustentable?

- **muy interesante (51.6%)**
- interesante (31.7%)
- neutro (13.4%)
- poco interesante (2.7%)
- nada interesante (0.5%)

8. Considerando que la instalación de un sanitario autosustentable no fuera más complicada que la de un WC convencional, ¿estaría dispuesto a tener uno en su domicilio?

- **sí (66%)**
- no (3.7%)
- no estoy seguro (30.3%)

9. ¿Qué tan seguro está de querer adquirir un sanitario autosustentable?

- muy seguro (16.8 %)
- seguro (30.4 %)
- **no lo sabe (46.2 %)**
- nada seguro (6.5 %)

10. En un sanitario autosustentable se hace mezcla de heces con tierra y cal, que se maneja en forma limpia, higiénica y segura dentro de un contenedor. Este contenedor aísla totalmente la mezcla del usuario, además de que no genera malos olores y no permite la incubación de patógenos. En el supuesto de que usted tuviera uno en su casa, ¿estaría dispuesto a retirar su contenedor para utilizar la mezcla como abono?

- sí, con previa asesoría y capacitación (50.0 %)
- no, preferiría que una empresa especializada lo hiciera (50.0 %)

11. ¿En el mercado un WC convencional cuesta entre \$1,000 y \$3,000 para usted el precio adecuado de un sanitario autosustentable sería de..

- **\$1,000 - \$2,000 (50.6 %)**
- \$2,000 - \$3,000 (35.0 %)
- \$3,000 - \$4,000 (10.6 %)
- \$4,000 - \$5,000 (3.1 %)
- \$5,000 o más (0.6 %)

12.- Por favor, indique las razones por las que no compraría un sanitario autosustentable.

- cree que no es higiénico (19.9 %)
- cree que huele mal (32.2 %)
- cree que es innecesario (4.1 %)
- cree que es desagradable (22.6 %)
- **otro (37 %)**

13.- ¿Cómo considera la situación del agua en el Estado donde vive?

- muy crítica (24.0 %)
- **crítica (44.4 %)**
- poco crítica (29.2 %)
- nada crítica (2.3 %)

14.- ¿Cómo considera la situación del agua en México?

- **muy crítica (57.6 %)**
- crítica (38.2 %)
- poco crítica (2.9 %)
- nada crítica (1.2 %)

15.- ¿Considera que el WC tradicional es una fuente de desperdicio y contaminación de agua?

- **definitivamente, sí (82.1 %)**
- definitivamente, no (7.1 %)
- no lo sabe (10.7 %)

16.- ¿Estaría dispuesto a modificar sus hábitos cotidianos para contribuir a un uso responsable del agua?

- **muy dispuesto (82.4 %)**
- poco dispuesto (17.1 %)
- nada dispuesto (0.6 %)

## B. Lineamientos suecos

Temperatura de almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Patógenos probables en la mezcla de la orina luego del almacenamiento	Cultivos recomendados
4°C	≥1 mes	Virus, protozoos	Cultivos alimenticios y cultivos de forraje que serán procesados
4°C	≥6 meses	Virus	Cultivos alimenticios que serán procesados, cultivos de forraje <sup>d</sup>
20°C	≥1 mes	Virus	Cultivos alimenticios que serán procesados, cultivos de forraje <sup>d</sup>
20°C	≥6 meses	Probablemente ninguno	Todos los cultivos <sup>e</sup>

<sup>a</sup> Orina u orina y agua. Cuando diluida se asume que la mezcla de orina tiene como mínimo un pH de 8,8 y una concentración de nitrógeno de mínimo 1 g/l.

<sup>b</sup> Las bacterias Gram-positivas y bacterias que forman esporas no están incluidas en los análisis de riesgos subrayados, pero normalmente no son reconocidas por causar ningún tipo de infección preocupante.

<sup>c</sup> Un sistema grande en este caso es un sistema donde la mezcla de la orina es usada para fertilizar cultivos que serán consumidos por individuos diferentes a los miembros de la vivienda donde la orina es recolectada.

<sup>d</sup> No praderas para la producción de forraje.

<sup>e</sup> Para cultivos alimenticios que serán consumidos crudos es recomendado que la orina sea aplicada mínimo un mes antes de la cosecha y que esta sea incorporada al suelo si las partes comestibles crecen sobre la superficie del suelo.

Figura 20: Lineamientos para el uso seguro de la orina en Sistemas de Saneamiento Ecológico

Fuente: SCHÖNNING, Caroline. Lineamientos para el uso seguro de la orina y de las heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico. Instituto Ambiental de Estocolmo. 2004.

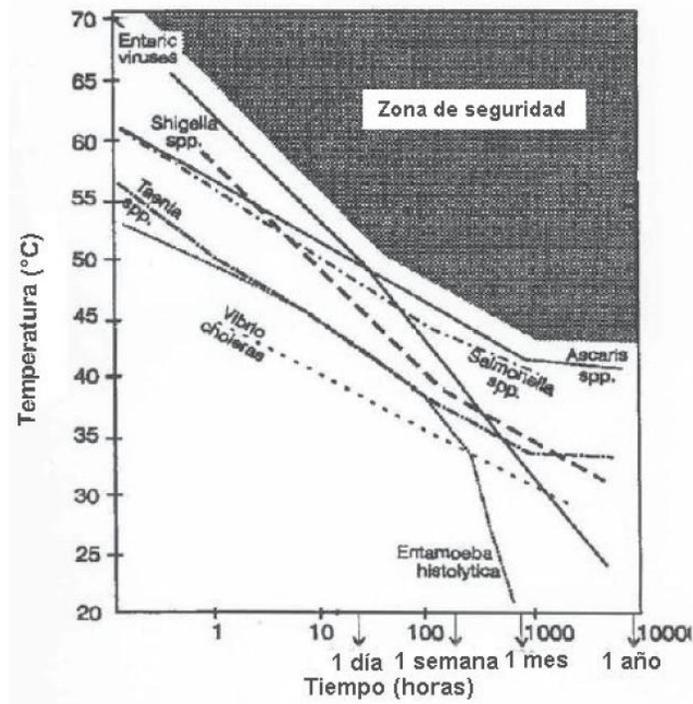


Figura 21: Lineamientos para el uso seguro de las heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico

## C. Requisitos Físico-Químicos y sanitarios para los mejoradores de suelos

Característica	Método de determinación <sup>(2)</sup>	Resultado
<b>Parámetros Químicos <sup>(2)</sup></b>		
pH	NMX-AA-025-1984	6.5 a 8.0
Materia orgánica	NMX-AA-021-1985	mayor al 15%
Relación carbono-nitrógeno	NMX-AA-067-1985	menor a 12
Fósforo	NMX-AA-094-1985	mayor a 0.10% ó 1,000 partes por millón
Potasio	Acetato de amonio pH 7 Anexo I	mayor a 0.25% o 2,500 partes por millón
Relación potasio-sodio	Extracción con Acetato de amonio pH 7 y determinado por absorción atómica o flamometría Anexo I	mayor a 2.5
<b>Parámetros Microbiológicos <sup>(2)</sup></b>		
Hongos fitopatógenos	Siembra en agar dextrosa papa Anexo II	ausente
Huevos de helmintos/ g en base seca <sup>(1)</sup>	Anexo III	menor a 10
Coliformes fecales NMP <sup>(2)</sup> /g en base seca	Anexo IV	menor a 1000
Salmonella spp/ g en base seca	Anexo V	menor a 3

(1) Huevos de helmintos viables

(2) Número más probable

Figura 22: De acuerdo a la NTEA-006-SMA-RS-2006.

## D. Definiciones

- *Etapa termofílica:* Se presenta cuando en el proceso de compostaje se reemplaza la población mesofílica, dando lugar a microorganismos que se desarrollan a temperaturas mayores a 40°C, los cuales continúan con el proceso de descomposición <sup>9</sup>
- *Etapa mesofílica:* Se presenta cuando en el proceso de compostaje actúan los microorganismos capaces de vivir en un rango de temperatura de 25 a 40°C, responsable de la mayor parte de la actividad metabólica
- *termófilo:* se aplica a organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura relativamente altas, por encima de los 45°C, o relativamente bajas.
- *Macroelementos:* Incluye a los macroelementos primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y a los secundarios (calcio, magnesio y azufre)
- *Microelementos:* los siguientes elementos químicos; Boro, Cloro, Cobalto, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno y Cinc.
- *Fertilizante o abono:* cualquier sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que aporte a las plantas uno o más elementos nutritivos de los reconocidos como esenciales al crecimiento y desarrollo vegetal.
- *Fertilizante o abono mineral:* todo producto desprovisto de materia orgánica que contenga, en forma útil a las plantas, uno o más elementos nutritivos indispensables para su desarrollo vegetativo normal.
- *Fertilizante o abono mineral simple:* producto con un contenido declarable en uno solo de los macroelementos siguientes: Nitrógeno, Fósforo o Potasio.
- *Fertilizante o abono mineral complejo:* producto declarable en uno sólo de los macroelementos siguientes: Nitrógeno, Fósforo o Potasio
- *Fertilizante o abono orgánico:* el que procediendo de residuos animales o vegetales, contenga los porcentajes mínimos de materia orgánica y nutrientes, que para ello se determinen en las listas de productos que sean publicadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.<sup>10</sup>
- *Mejoradores de suelo:* Compuestos de origen orgánico que por sus características pueden utilizarse como acondicionadores de suelos y fertilizantes para mejorar la calidad productiva del suelo

---

<sup>9</sup>NTEA-006-SMA-RS-2006

<sup>10</sup>www.infoagro.com, mayo 2011

## Referencias

- [1] BACA Urbina, Gabriel, “Evaluación de proyectos”, Mc Graw Hill, 2010.
- [2] Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional, “Ecological Sanitation”, 1998.
- [3] AÑORVE, César, “El ABC del saneamiento ecológico”, 2008.
- [4] FONTAINE, Ernesto. “Evaluación social de proyectos” 13a ed. 2008.
- [5] VIGNAU, Esteva. “Dispositivo Autónomo de saneamiento doméstico Urbano” contenido en MEMORIAS DEL XVI CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM, MÉXICO 2010.
- [6] Use of Human Urine Fertilizer in Cultivation of Cabbage (*Brassica oleracea*) Impacts on Chemical, Microbial, and Flavor Quality
- [7] Guidelines for the safe use of urine and feces in ecological sanitation systems Escrito por Caroline Schönning
- [8] AVILA, José Antonio. “El mercado de los fertilizantes en México: Situación actual y perspectiva”.
- [9] Fideicomisos Instituidos en relación con la agricultura, “El mercado de los fertilizantes, 2011”.
- [10] EcoSan Club. Sustainable Sanitation Practice. Issue 5, Viena. Austria. 2010.
- [11] Bo-Berlit Lind et Al. 1999. Nutrient recovery from human urine by struvite crystallization with ammonia adsorption on zeolite and wollastonite. *Bioresource Tech.* 73, 169-174.
- [12] Günter Langergraber, Elke Muellegger. 2005. Ecological Sanitation - a way to solve global sanitation problems?. *Environment International.* 31 (2005) 433-444.
- [13] Bravo Orellana, Sergio. Los Parámetros del Capital Asset Pricing Model. *ESAN.* 2004.
- [14] Corcuera y González. Baño Seco Urbano. 2009.
- [15] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Plantas de compostaje para el tratamiento de residuos: riesgos higiénicos.
- [16] Treatment processes for source-separated urine. M. Maurer. Swiss Federal Institute for Aquatic Science and Technology. Elsevier. 2006.

[17] Hacia la solución de una crisis mundial: Año Internacional del Saneamiento 2008. ONU AGUA. 2008.

[18] Human excreta for plant production. Helvi Heinonen, Christine van Wijk-Sijbesma. Elsevier. 2004.

Páginas de internet:

[19] [www.sirdo.com](http://www.sirdo.com)

[20] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)