

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGÍA**



**BIOFERTILIZANTE ANAERÓBICO A BASE DE ESTIÉRCOL CAPRINO: UNA FUENTE DE FERTILIZACIÓN ECONÓMICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO DE TEHUACÁN, PUEBLA.**

**POR:**

**ELIAZAR CARRERA PACHECO.**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN DESARROLLO RURAL**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO**  
**JUNIO DE 2011**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS

TESIS  
PRESENTADA POR:

Eliazar Carrera Pacheco

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador, como requisito  
parcial para obtener el título de:

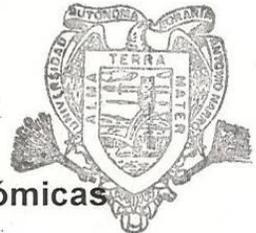
Ingeniero Agrónomo en Desarrollo Rural

Ing. José Domínguez Vázquez  
Presidente

Lic. Gabriela González Moreno  
Sinodal

Dr. José de J. Rodríguez Sahagún  
Sinodal

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



M.A.E. Tomás E. Alvarado Martínez  
Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas

DIV. CS. SOCIOECONÓMICAS  
COORDINACION

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Junio de 2011

## **DEDICATORIA**

A Dios el Padre y Maestro por excelencia, Omnisciente, Omnipresente y soberano por que elegirme desde el vientre de mi madre y amarme con ese amor sin igual.

Al el Señor de Señores, al Maestro y líder más grande de todos los tiempos que el mundo allá conocido. Para el son todos los créditos. Por darle no solo sentido a mi vida, sin dirección lo que me muestra una vida con propósitos que van más allá de lo que la mente humana puede comprender.

**Dedico este trabajo de manera muy especial a los hombres y mujeres más nobles que se me haya permitido conocer, mi familia.**

**A mis amados padres Rutilo Carrera Hernández y Natalia Pacheco Carrillo**

**A ti papi** que ante todas las carencias y limitaciones que el pueblo se dan siempre has creído en nosotros, por enseñarme a soñar y creer en mí, por tu paciencia; porque ante todo siempre has estado ahí apoyándonos en todo lo que emprendamos, por tu amistad, tus consejos, tus regaños, por todo el sacrificio que has hecho para que este hoy aquí pero también por la confianza que has depositado en cada uno de nosotros este es otro logro juntos.

**A ti mamita** que a pesar de todas las pruebas te mantienes como un pilar fuerte, o como dice un libro con mucha sabiduría eres la mujer virtuosa por que tus cualidades sobrepasan sin duda las piedras preciosas, por ser siempre la madre amorosa, dedicada y como decimos los hijos, la mamá maga o una supermamá. A ti que has dado tu vida misma para que salgamos adelante, siempre enseñándonos con el ejemplo valores que hasta hoy están gravados bien en mi mente y corazón por tus oraciones a Dios que son las que nos mantiene bien en todo tiempo, a ti de manera especial es este trabajo.

**A mí amada familia Carrera Pacheco.**

**Ene:** a ti mi hermanita querida por que has y seguiras siendo como un segundo padre o segunda madre, gracias trazar el camino tus hermanitos, por tu audacia, inteligencia y espíritu de lucha que siempre te a caracterizado por ser un gran ejemplo para mi de lider por eso el Señor te puso como la mas grande, por tu apoyo incondicional que siempre desde que tengo uso de razon has tenido para con todos.

**Luchita:** mi querida luchita gracias por ser ese ejemplo de esfurezo y al igual que ene mi segunda mamá y mi segundo papá, por ponerme el ejemplo que unidos como hermanos podemos hecer las cosas, por tu incanzable lucha y esmero en lo que haces y por tu dedicacion, tu amistad y tu confianza en mi.

**Medis:** mi Medis mi hermanito querido a ti que como niño, joven y adulto siempre has sido uno de mis mas dignos ejemplos a seguir, integro, decidido, atrevido ,luchador, amoroso, por todo esa

dedicacion a la familia como un buen hermano, por tus consejos y reflexiones. Por enseñarme a ver un poquito mas aya, por tu amistad y tu tiempo que como hermanos adultos quiza pocos pero muy buenos momentos que que los guardo muy bien en mi corazón.

A **Teofila**(more) y podia seguir poniendo más sinonimos de ti mi querida hermanita, por tu risa que nos alegra y tu trato amable que me enorgullece y que me hace sentir que ya estoy en casa, por que a pesar de la dificultades que se presenten sigues luchando, por que creo que eres con quien quien mas he pasdo tiempo de los hermanos; por tu apoyo en muchas areas de mi vida por tus consejos y palabras siempre a tiempo.

**Saul**(chalo) mi chalo hermanito querido siempre controvertido, a ti que siempre apoyandandome y buscando pasar buenos ratos de diversion aunque las cosas no sean faciles, a ti que siempre tan emprendedor en en lo que crees; por soportamen y apoyarme por tu compania y amistad, por tu apoyo incondicional en los trabajos y en el juego siempre luchon, en las dificultades y en las alegrías.

**Zuri** mi hermanita querida para ti al igual que para el resto esta dedicado este trabajo, sin duda nuestra nena que resulto ser bien inteligente y muy dedicada a buscar de Dios creo que a pesar de ser la mas pequeña reconso que eres adulta en el area espiritual, y eso te ha hecho ser de los grandes, a ti que eres luchadora incanzable la que siempre quiere un poco mas y lo logra; por ser un gran ejemplo para mi y de bendicon espiritual en tiempos de necesidad.

**Maxito** mi hermanito querido, con mucho cariño para ti que cada vez que te veo me sorprendes mas, por la madurez que has demostrado tener como hermano y amigo, por la diciplina que te caracteriza en muchas areas de tu vida. Pero tambien por tu simple disponibilidad para ayudar a otros, por recordarme que puedo aprender de ustedes siempre tan trabajador manito.

**Isrra** mi chaparrito querido, si tambien para ti esta dedicado este trabajo por que al igual que maxi tu tambien me sorperndes nustro chiquito ya es un joven muy humilde, prudente, pero muy inteligente y trabajador, algo pausado pero muy seguro en todo lo que heces, a que directa o indirectamente mas enseñado la sencilles y humanidad.

A los Sobrinos que quiero mucho Misael, **Brian, Carolina, Dieguito, Nataly y Danielito** a estos chiquitos que siempre alegran los tiempos dificiles ó desesperan los dias tranquilos los quiero.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero a el Maestro por excelencia (Dios) por permitirme llegar hasta aquí.

### **A mis padres Rutilo Carrera Hernández y Natalia Pacheco Carrillo**

**Gracias Papi** de todo corazón por enseñarme desde muy niño lo que el amor de padre a hijo está dispuesto a hacer, gracias por darme alas para poder soñar que podemos hacer grandes cosas por ser fuente inspiradora de lo que hasta hoy he logrado, gracias por tus regaños y correcciones, gracias por enseñarme a ser fuerte cuando se requiera; gracias por enseñarme a ser humano cuando hay que ayudar a otros. Por tu amistad única; porque aun en la dificultad siempre supiste como sonreír y animarnos por ser mi padre gracias te amo mucho.

**Gracias Mami** también lo digo de todo corazón, por ese amor incondicional por tus cuidados siempre tan amorosos, siempre a tiempo gracias por enseñarme con tu gran ejemplo la nobleza, la sencillez, humildad, la mansedumbre, la paciencia, la endereza; pero sobre todo por demostrarnos lo mucho que nos amas, gracias por dedicarnos tu vida; por tu amistad, tus consejos por ser mi amiga, confidente y mamá. Gracias por tus regaños por tus correcciones, gracias por enseñarme a confiar en el Dios todopoderoso, por tus oraciones y porque aun en la dificultad, en la tristeza o en la carencia siempre nos apoyaste y tenias palabras de aliento para nosotros, por ser mi mamita querida gracias te amo mucho.

**A la familia Carrera Pacheco (Ene, Lucy, Medís, Chalo, Teo, Chalo, Suri, Maxi e Isrra)** a la que me debo todo lo que soy y hasta donde he llegado, por el amor con el que siempre me han cobijado, por sus palabras de aliento siempre precisos, por que de cada uno de ustedes tengo mucho y por su apoyo incondicional en todo los amo. El corazón me salta al escribir estas líneas por qué no sé cómo expresar ese enorme agradecimiento que siento por ustedes por entregarme parte de su vida ahora sé que el Padre (Dios) nunca se equivoca por qué no pudo ponerme en las mejores manos que las tuyas estoy muy orgulloso de ustedes, gracias los amo muchísimo.

A ti que hace no mucho te conozco y ya siento que has sido parte de mi, si a ti mi princesa, mi **Vanesita** gracias amorcito por todo el apoyo y la confianza que has tenido en mi, gracias porque has sabido estar como los buenos amigos en las buenas y malas eso es algo que valoro mucho de ti, gracias por ese amor incondicional, por querer ser parte de mi vida y ser de mucha bendición en todas las áreas de mi vida, gracias princesita por complementarme te amo mucho.

**A mi Abuelita Consuelo Carrillo** que quiero mucho a mi tío Jesús al tío Epifanio y a la tía Cenobia.

**A mi Alma Mater**, por abrirme sus puertas siempre tan bondadosas y darme la oportunidad de formarme en sus aulas. Al mismo tiempo que me enseñó no solo lo que se predica en sus salones si no me enseñó el valor de la amistad y ver nuestro mundo desde un ángulo.

**A los profesores de la Antonio Narro**, por su apoyo en mi formación académica, pero sobre todo a aquellos que tuvieron la disposición para dar de lo mejor de sí, como lo han recibido.

A mis asesores:

Ing. **José Domínguez Vázquez** por su apoyo y disposición para en la colaboración de este trabajo, así como los diálogos que no académicos que fueron aun mejores.

**Al Dr. José Rodríguez Sahagún** por su disposición y confianza, su apoyo como asesor y como persona en la aportación que hizo a la tesis y al trato personal con la paciencia que lo con que lo caracteriza.

**Lic. Gabriela González Moreno** por cada una de las revisiones y el tiempo que le dedicó para que esto saliera con los tiempos, por las diferencias que se dieron pero a la vez enriquecedoras.

Al departamento de Sociología y Suelos por permitir la realización de este trabajo, a los amigos de generación por permitirme formar parte de sus vidas de manera especial a Saúl, Elías y Josué por su amistad que siempre mostraron.

A los amigos cristianos del ranchito Jacob, Elida, Sadi, Chalino, Obed, Josue, Lució. Así como al montón de amigos del grupo Vida Estudiantil de la Narro por compartir visión con razón en especial a la familia Velázquez Vázquez a Doña Hortensia y Don Roberto por todo su apoyo, sin olvidarme de Yesica y mi princesa Vanessa por su disposición siempre para apoyar a los amigos.

A los amigos con los que compartí un pedacito de mi vida y creo que formaron parte importante pues de ellos tuve también la oportunidad de ver el mundo de otro ángulo, me refiero a Alejandra Reyes, Angeles, Mari, Santiago, José Juan, Elier, Jesús, Anita, Vira, Janeth, Leidy, Conchis, Paco, Emiliano, Erwin, Mari Oax., Andres y Paz.

Al pueblo de México por que sin la educación pública sería más difícil o quizá muchos no llegaríamos a la meta.

A todos ellos, los campesinos del mundo, fuentes de inspiración y solidaridad en los momentos más difíciles de peregrinación de pueblo en pueblo.

A ellos, los escogidos para reproducir el milagro y la perpetuación de la vida, a través de sus manos y semillas nativas, todavía no mutiladas y secuestradas.

A ellos, que con su silencio y arte, recrean y cuidan la vida, preparando la tierra para regresar a ella.

*Restrepo Rivera*

## **INDICE DE CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>ix</b>
<b>Presentación</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>6</b>
<b>IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA</b>	<b>6</b>
<b>Objetivo General</b>	<b>7</b>
<b><i>Objetivos Específicos</i></b>	<b>8</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>8</b>
<b>Metodología</b>	<b>8</b>
<b>Región para donde se propone extrapolar el resultado de la investigación</b>	<b>10</b>
<b>El Municipio de Tehuacán</b>	<b>10</b>
<b>Ubicación geográfica</b>	<b>10</b>
<b>Extensión</b>	<b>11</b>
<b>Fisiografía</b>	<b>12</b>
<b>Sistema de topoformas</b>	<b>12</b>
<b>Clima</b>	<b>12</b>
<b>Geología</b>	<b>13</b>
<b>Edafología</b>	<b>13</b>
<b>Hidrografía</b>	<b>14</b>
<b>Uso del suelo y vegetación</b>	<b>15</b>
<b>Agricultura</b>	<b>15</b>
<b>Pecuario</b>	<b>15</b>
<b>Vegetación</b>	<b>16</b>
<b>Población</b>	<b>16</b>
<b>Economía</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>17</b>
<b>ANTECEDENTES Y DINÁMICA ACTUAL DE LOS FERTILIZANTES</b>	<b>17</b>
<b>Mercado Mundial</b>	<b>17</b>

Producción	17
Consumo	19
Comercio Exterior	20
Precios Internacionales	21
Mercado Nacional	22
Producción	22
Consumo Nacional	24
<b>CAPITULO III</b>	<b>27</b>
<b>IMPACTO AMBIENTAL DE LOS FERTILIZANTES</b>	<b>27</b>
Impacto ambiental de los fertilizantes químicos en la agricultura	27
Importancia de los abonos orgánicos	29
Importancia de los estiércoles	31
Acciones de los estiércoles en el suelo	32
Los biofertilizantes anaeróbicos	37
El ganado Caprino y su estiércol	38
Producción de estiércol de diferentes especies animales	39
Proceso de anaeróbico	40
Empleo de mayor cantidad de mano de obra para el abonamiento.	42
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>43</b>
<b>ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTE</b>	<b>43</b>
Proceso de elaboración del biofertilizante	47
Su uso en los cultivos	50
Mezcla para la aplicación en los cultivos	50
<b>CAPITULO V</b>	<b>51</b>
<b>ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO</b>	<b>51</b>
Condiciones climáticas del sitio experimental	51
Tratamientos	51
Características del estiércol	53
Proceso de elaboración de los biodigestores	53
La dosis de fertilización que recomienda INIFAP con fuentes químicas es:	54

<b>Principales Razas Criadas en Puebla</b>	<b>57</b>
<b>Tipo de explotación Caprina en Puebla</b>	<b>59</b>
<b>Productos aprovechables de las cabras en Puebla</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>60</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>60</b>
<b>Costo de la fertilización química recomendada por el INIFAP</b>	<b>61</b>
<b>Costo de la fertilización con fertilizante anaeróbico caprino</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Uso potencial del suelo Agrícola.....	15
Cuadro 2: Uso potencial del Suelo Pecuario .....	15
Cuadro 3: Producción y comercio exterior en México. ....	25
Cuadro 4: Composición media de estiércoles frescos de diferentes animales domésticos (como porcentaje de la materia seca). ....	34
Cuadro 5: Contenido de nutrimentos de diferentes animales en base húmeda (70% en promedio) .....	34
Cuadro 6: Salinidad y reacción del medio en estiércoles de diferentes animales domésticos. ....	36
Cuadro 7: Producción de estiércol en kilogramos por número de días y volumen almacenado. ....	40
Cuadro 8: Ventajas Y Desventajas De Los Fertilizantes Quimicos-Organicos.....	42
Cuadro 9: Componentes y cantidades recomendadas para el biodigestor. ....	47
Cuadro 10: Porcentajes calculados en relación al volumen del recipiente .....	52
Cuadro 11: Pesos y volumen usados en cada tratamiento .....	53
Cuadro 12: Días de fermentación anaeróbica .....	54
Cuadro 13: Formula requerida en kilogramos por hectárea para la región. ....	55
Cuadro 14: Ficha básica del cultivo en la región de Tehuacán. ....	55
Cuadro 15: Porcentaje de nutrientes y propiedades obtenidos de los 3 tratamientos analizados .....	60
Cuadro 16: Costos calculados para el requerimiento con fuente química .....	61
Cuadro 17: Costos calculados para el requerimiento de maíz (100-60-00) con el biofertilizante anaeróbico.....	62
Cuadro 18: Costo desglosado por macro elementos de las 2 fuentes. ....	62
Cuadro 19: Costos por kilogramo de fertilizantes quimicos y organico .....	63

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Macro y micro localización del municipio .....	11
Figura 2: Producción de Fertilizantes, 2002-2007 .....	18
Figura 3: Consumo Mundial de Fertilizantes, 2002-2009. ....	19
Figura 4: Producción total de fertilizantes en México, 1990-2007. ....	23
Figura 5: Producción de fertilizantes en México, 1994-2007.....	24
Figura 6: Producción, comercio exterior y consumo aparente de fertilizantes México, 1990-2007. ....	24
Figura 9: Recipiente plástico usado como biodigestor. ....	43
Figura 10: Válvula y empaques de PVC.....	44
Figura 11: Válvula y tapa del biodigestor.....	45
Figura 12: Botella para evacuar los gases del Biodigestor.....	45
Figura 13: Parámetros de verificación del estado del biofertilizante.....	49
Figura 14: Concentración general en tratamientos foliares.....	50
Figura 7: Los tipos de explotación en Puebla.....	59
Figura 8: Productos de caprinos en orden de importancia. ....	59

## **Presentación**

El presente estudio pretende proponer una alternativa de fertilización orgánica, económica y fácil de transferir a los productores, ya que en la región de Tehuacán, Puebla, se observa nos indica que los productores dado a las condiciones culturales y económicas no fertilizan, siendo un buen número de ejidos en el municipio de Tehuacán según con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2006 cuenta con al menos 11 núcleos agrarios los cuales en su mayoría se dedican a la agricultura con una superficie dedicado a esta actividad 5417.750 hectáreas, de donde en su mayoría son de temporal.

Según la organización de Ecología y Producción Para El Desarrollo Sustentable S.C. (ECOPRODES) 2007 afirma que los ejidos que se encuentran en la reserva de la biosfera Tehuacán- Cuicatlán donde están prácticamente abarcados los ejidos pertenecientes al municipio de Tehuacán, la Población Económicamente Activa (PEA) se ocupa en las actividades agropecuarias (47.7 %), destacando en particular las actividades agrícolas y dentro de éstas los cultivos básicos como: frijol, trigo y maíz, ya sea a través de la milpa o el monocultivo; así como algunas hortalizas y frutales perenes, principalmente jitomate, chile, melón, mango, cítricos y durazno.

Existe una gran diferencia entre los productores agrícolas según ECOPRODES un pequeño porcentaje de ellos, alrededor del 5.0% desarrollan una actividad agrícola rentable orientada principalmente al mercado y corresponden a los dueños o poseedores de terrenos más o menos planos incorporados al riego, donde predomina el régimen de tenencia de la pequeña propiedad; por otro lado, se encuentra un sector mayoritario de agricultores de subsistencia en los regímenes de tenencia ejidal y comunal, cuyos terrenos corresponden a áreas de ladera, de temporal, con muchas limitantes para el desarrollo de los cultivos, por lo que se obtiene una baja productividad por unidad de superficie y la producción se destina casi totalmente al autoconsumo familiar. Este último

sector de agricultores posee superficies de labor muy pequeñas, en promedio inferiores a 2 hectáreas y por lo general son deficitarios en la producción de granos básicos como el maíz y el frijol, por lo que deben complementar su economía familiar con otras actividades económicas a fin de obtener ingresos para adquirir los productos alimenticios faltantes y otros satisfactores básicos.

Si consideramos que más del 90% de agricultores se encuentran en esta situación y que alrededor del 50% de las familias de la región dependen en buena medida de la agricultura. Por lo tanto podemos ver que existe una gran necesidad por hacer más rentable la producción principalmente la de maíz y frijol. Es en esta situación que la investigación toma importancia al proponer una fuente de fertilización con la finalidad de incrementar los rendimientos de estos ejidatarios de las zonas rurales del municipio, ya que las condiciones con las que cuentan los ejidos en relación a fuentes orgánicas de fertilización como es en este caso, el estiércol caprino que se produce dentro de las mismas localidades. De acuerdo con estudios realizados por ECOPRODES la explotación de ganado caprino bajo pastoreo extensivo o trashumante es una actividad económica importante, de tal manera que dejarla de practicar afectaría en forma significativa su economía familiar.

Se ha observado que en la región de Tehuacán, algunos productores usan el estiércol de las cabras poniendo este directamente sobre las tierras de cultivo y después lo incorporan con el barbecho. Teniendo esto buenos resultados al ir integrando diferentes cantidades de nutrientes, pero también integrando una gran cantidad de semillas de malezas, al mismo tiempo que el proceso de desintegración y aprovechamiento de nutrientes es lento, aunado a esto la liberación de diferentes gases a la atmósfera, y restando eficiencia a las cantidades de estiércol que los hatos de cabras producen.

En tanto podemos verificar con estadísticas de INEGI que tan sólo en el 2009 se sacrificaron 210,898 cabezas de ganado caprino en el municipio lo que nos permite ver el potencial de desechos de estos. Por otra parte Cruz (1986) afirma

que un ovino o caprino adulto produce 1 kg. De estiércol por día, de lo que podemos deducir que en 2009 se produjeron más de 210 toneladas de estiércol. Por lo tanto las cifras dejan ver que se cuenta con una fuente con mucho potencial de fertilizantes orgánicos a base de estiércol caprino en las zonas rurales que pueden ser usadas para fines de producción del biofertilizante.

## INTRODUCCIÓN

En nuestros días la demanda de alimentos a ido incrementando exponencialmente tan sólo en México la importación de maíz en los últimos 5 años a incrementado de 190 mil toneladas a poco más de un millón 200 mil toneladas<sup>1</sup> y con ello un sin número de alternativas con el fin de hacer más eficientes los métodos de cultivo o labores culturales de estos, el presente trabajo tiene como finalidad proponer una alternativa desde la fertilización orgánica producida a bajo costo, frente a la creciente demanda y consumos de las fuentes químicas que como consecuencia incrementan los costos de producción volviendo dependientes a los productores y desencadenado una serie de problemas medio-ambientales.

Para Salgado, 2010 El uso de de los fertilizantes en la agricultura comenzó hace más de un siglo y está basado en el concepto químico de la nutrición de las plantas; este uso a influido ampliamente en el incremento de la producción agrícola y mejorado la calidad de los alimentos. Tal como lo menciona la IFA, la necesidad de mayores rendimientos y de incremento en la producción de alimentos son los principales factores que impulsan el crecimiento en la demanda de fertilizantes.

Existen alternativas ecológicas y económicas amigables con el medio ambiente, Flores (2009), nuestro México tiene un gran potencial para la producción de abonos aprovecharles de forma eficiente para la agricultura, por el contrario estos biosolidos y estiércoles se están usando con la mejor intención de hace prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, pero sin la más mínima idea del porcentaje de macro y micronutrientes que están agregando al suelo, en tanto ahora el problema radica en el cálculo de una dosis que permita suministrar las necesidades nutrimentales sin contaminación por nitratos las

---

<sup>1</sup> Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2011). **Balanza de importaciones**. Disponible en [www.SIAP.com.mx](http://www.SIAP.com.mx)

aguas superficiales y profundas. Así como hacer más eficiente la cantidad de elementos nutrientes con los que se disponga el campesinado.

Basado en los estudios de Restrepo (2007) sobre los biofertilizantes anaeróbicos los define como: súper abonos líquidos con mucha energía equilibrada y en armonía mineral, preparados a base de estiércol de vaca muy fresca, disuelta en agua y enriquecida con leche, melaza y ceniza, que se ha colocado a fermentar por varios días en toneles o tanques de plástico, bajo un sistema anaeróbico (sin la presencia de oxígeno) y muchas veces enriquecidos con harina de rocas molidas o algunas sales minerales; como son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc. Lo cual puede ser adoptado por cualquier tipo de productor y ajustarse así como reproducirse en diferentes lugares del agro mexicano.

Palabras Clave: caprino, anaeróbico, biofertilizante, biodigestor, orgánica, económica.

# CAPITULO I

## IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA

En nuestros días la fertilidad de suelo en la agricultura, depende de las tasas relativas de adicción y remoción de sustancias nutritivas; por ello, para lograr un buen programa de fertilización es necesario conocer que elementos y en qué cantidades se requieren para producir una cosecha rentable (Salgado, 2010). Sin embargo la fertilización a venido incrementando los costos de producción, según Cooke, 1992, los fertilizantes aumentaron con rapidez debido al incremento mundial que se registro en los costos de los aceites combustibles y gases que se usan para hacer que el hidrogeno se combine con el nitrógeno en el proceso de fijación, empero los fertilizantes químicos en la agricultura aun cuando los precios son altos y las consecuencias que traen al medio ambiente continúan aplicándose, en tanto que su uso generan gran controversia por las consecuencias.

La Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA), afirma que la necesidad de mayores rendimientos y de incremento en la producción de alimentos son los principales factores que impulsan el crecimiento en la demanda de fertilizantes<sup>2</sup>.

Según Salgado (2002) la utilización de los fertilizantes es requerida en todos los sistemas de producción agrícola a largo plazo, con fines de mantener e incrementar los rendimientos de los cultivos, sobre todo cuando se extrae la planta totalmente del sistema de producción.

A largo plazo los costos de producción incrementan, volviendo dependientes a los productores agrícolas y por otra parte trayendo un sin número de problemas

---

<sup>2</sup> Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, (2009). **El Mercado de los Fertilizantes en México: Situación Actual y Perspectivas 2009**. Disponible en: <http://www.fira.gob.mx>.

en el medio ambiente suelo y agua principalmente tal como lo menciona Restrepo, 2007, sobre los efectos nocivos en los ecosistema, donde se indica que las ventas de agroquímicos por parte de las multinacionales en los últimos diez años sobrepasan los tres millones de toneladas a un costo de más de \$ 21,000 millones de dólares anuales. Aunque es bien sabido que la mayor cantidad de estos 1agroquímicos los consumen los países desarrollados, el 99% de las muertes por intoxicaciones se concentran en Asia, África, América Latina y el Caribe.

Con el incremento del costo de la producción en la agricultura y la contaminación ambiental surgen otras alternativas de hacer campo de una manera más amigable, ecológica o sustentable que es la agricultura orgánica, sin duda contribuyen a la nutrición del as plantas, mejoran la textura y estructura así como la composición de los suelos en micro flora. Colque, Tomás. et al. (2005). De igual forma tal como lo menciona Flores en el 2009, nuestro México tiene gran potencial para la producción de abonos aprovecharles de forma eficiente para la agricultura, por el contrario uso de estos biosólidos y estiércoles se están usando con la mejor intención de hace prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, pero sin la más mínima idea del porcentaje de macro y micronutrientes que están agregando al suelo, en tanto ahora el problema radica en el cálculo de una dosis que permita suministrar las necesidades nutrimentales sin contaminar con nitratos las aguas superficiales y profundas. Así como hacer más eficiente la cantidad de elementos nutrientes con los que disponga el campesinado.

### **Objetivo General**

- Proponer una fuente de fertilización orgánica anaeróbica, a base de estiércol caprino de bajo costo con alto contenido de nutrientes para las zonas rurales de municipio de Tehuacán.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el tratamiento más recomendable para producir un fertilizante orgánico de mayor contenido de nutrientes, para las zonas rurales de municipio de Tehuacán.
- Determinar una dosis de fertilización para maíz en la región de Tehuacán en base a biofertilizante anaeróbico Caprino.

### **Hipótesis**

La producción del biofertilizante anaeróbico caprino es la mejor opción para los pequeños productores de maíz de las zonas rurales del municipio de Tehuacán, porque es un fertilizante económico y fácil de elaborar con buenos contenidos de nutrientes, que pueden sustituir al fertilizante químico.

### **Metodología**

- Tomando estudios previos como son datos estadísticos de la producción de ganado en la región se determinara la especie ganadera con la que se puede trabajar en los núcleos agrarios rurales de la región de Tehuacán, como fuente de fertilización a darle un tratamiento.
- El estudio retoma parte de la metodología que propone Felipe Abecerraje Rodríguez en la investigación de **Respuesta del frijol (Phaseolus Vulgaris) bajo condiciones de riego al fertilizante líquido obtenido por biodegradación anaeróbica del estiércol de bovino en la región de Derramadero, Coahuila.**<sup>3</sup>

Del cual se retoma la producción del biofertilizante que consiste en obtener mediante la preparación de la materia prima en una relación 1:2 es decir, una parte del estiércol secada al aire libre y con dos partes de

---

<sup>3</sup> ABECERRAJE, Felipe. (1984) **Respuesta del frijol (Phaseolus Vulgaris) bajo condiciones de riego al fertilizante líquido obtenido por biodegradación anaeróbica del estiércol de bovino en la región de Derramadero, Coahuila.** Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México pp.32-33.

agua de llave, cuidando dejar una tercera parte de la proporción del biodigestor sin llenar, dejándolos fermentar anaeróbicamente durante un periodo aproximado de 30 días.

Así como complementado con los estudios recientes realizados por Jairo Restrepo Rivera, en su **Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas.**<sup>4</sup> Donde los principios para la elaboración de abonos orgánicos fundamentado en la técnica de la fermentación anaeróbica la maneja en una proporción de 1:3 es decir, una parte de estiércol y tres de agua. Que divide en 4 pasos simples adicionando cenizas, como fuente de micro elementos, melaza para que tengan energía rápida disponible las bacterias y leche o suero para incrementar el número de bacterias y acelerar el proceso de fermentación.

1.- En el recipiente plástico de 200 litros de capacidad, disolver en 100 litros de agua no contaminada los 50 kilos de estiércol, los 4 kilos de ceniza, y revolverlos hasta lograr una mezcla homogénea.

2.- Disolver en la cubeta plástica, 10 litros de agua no contaminada, los 2 litros de leche cruda ó 4 litros de suero con los 2 litros de melaza y agregarlos en el recipiente plástico de 200 litros de capacidad donde se encuentra el estiércol de v disuelto con la ceniza y revolverlos constantemente.

3.- Completar el volumen total del recipiente plástico que contiene todos los ingredientes, con agua limpia, hasta 180 litros de su capacidad y revolverlo. Por último tapar herméticamente el recipiente para el inicio de la fermentación anaeróbica del biofertilizante y conectarle el sistema de la evacuación de gases con la manguera.

---

<sup>4</sup> RESTREPO, Jairo. (2007). **Manual Práctico El A, B, C de la Agricultura Orgánica y Harina de Rocas.** Managua. Simas.

4.- Por último se coloca el recipiente que contiene la mezcla a reposar a la sombra a temperatura ambiente, protegido del sol y las lluvias; por un lapso de 20 a 30 días.

- Al modelo de biofertilizante fermentados se realizaran tres tratamientos diferentes de estiércol y agua que son los volúmenes que varia; con la misma poción de ceniza, leche y melaza. Con la finalidad de obtener el tratamiento que más se pueda adecuar a las condiciones de la región del municipio.
- Se analizaran de los 3 tratamientos diferentes la parte solida y liquida para ver su contenido de elementos nutrientes presentes, así como el tiempo de fermentación a temperatura ambiente de estos.
- Con estudios previos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Agricultura (SAGARPA) sobre las dosis de fertilización química para la región, se calculara el mismo requerimiento con el tratamiento anaeróbico que haya salido con mayor porcentaje de elementos nutrientes o que más se adecue a la región.

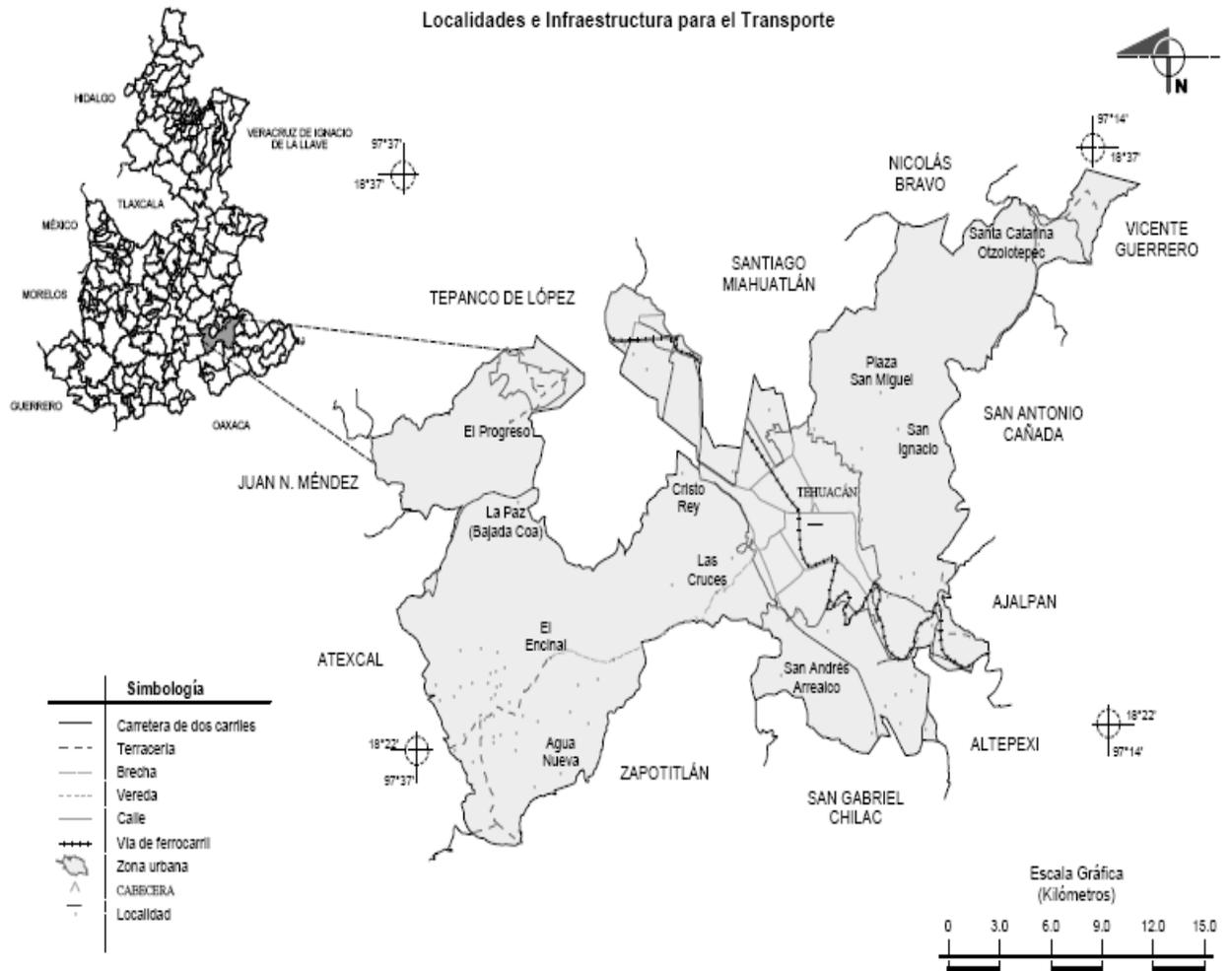
## **Región para donde se propone extrapolar el resultado de la investigación**

### **El Municipio de Tehuacán**

#### Ubicación geográfica

El municipio de Tehuacán se encuentra ubicado al sureste del estado de Puebla dentro de la mixteca y la reserva de la biosfera Taucan Cuicatlán, sus coordenadas geográficas son: entre los paralelos 18° 19' y 18° 37' de latitud norte; los meridianos 97° 12' y 97° 38' de longitud oeste; altitud entre 1 250 y 2 800 m.

**Figura 1:** Macro y micro localización del municipio



Fuente: INEGI. Marco Geodésico Municipal 2005.

## Extensión

El municipio de Tehuacán representa el 1.6% de la superficie del Estado. Abarcando una extensión aproximada de 390.36 kilómetros cuadrados, que lo ubican en el lugar 18º con respecto a los demás municipios del Estado.

## **Fisiografía**

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía<sup>5</sup>, (INEGI) el municipio fisiográficamente esta la mayoría de su superficie en la Sierra Madre del Sur (85%) y Eje Neovolcánico (15%) siendo estas de mayor importancia.

En tanto otra para esta sobre la sub-provincia de Las Sierras Centrales de Oaxaca (64%), Sierras Orientales (21%), Lagos y Volcanes de Anáhuac (12%) y Sierras del Sur de Puebla (3%).

Sistema de topoformas

Sierra de cumbres tendidas (67%), Valle de laderas tendidas (30%) y Llanura de piso rocoso o cementado (3%)

## **Clima**

Rango de temperatura

Por su ubicación, presenta una gran variedad de climas que van desde los templados hasta los cálidos. Las zonas climáticas se pueden resumir de la siguiente manera:

- Clima templado subhúmedo con lluvias en verano; se ubica en el extremo poniente de la parte elevada de la Sierra de Zapotitlán.
- Clima seco semicálido con lluvias en verano y escasas a lo largo del año; se identifica en la parte sur del municipio, dentro del Valle de Tehuacán.
- Clima semiseco cálido lluvias en verano y escasas a lo largo del año; es el clima predominante en el área correspondiente al Valle de Tehuacán.
- Clima semiseco templado con lluvias en verano y escasas a lo largo del año; es el clima que se presenta entre las zonas orientales del Valle de Tehuacán, y las primeras estribaciones de la Sierra de Zongolica.

---

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2005). **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tehuacán, Puebla.** *Marco Geoestadístico Municipal, versión 3.1.* Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>.

Con un rango de temperatura que oscila entre 12 – 24°C y con un rango de precipitación media que va de 400 – 800 mm.

### **Geología**

Periodo: Los principales periodos que se encuentran en Tehuacán son, Cretácico (52%), Cuaternario (28%), Paleógeno (15%) y No definido (5%)

Ígnea extrusiva: andesita (3%)

Roca: Las principales rocas halladas por orden de importancia, Sedimentaria: caliza (29%), lutita-arenisca (19%), lutita-yeso (8%), travertino (7%), conglomerado (4%), arenisca-conglomerado (2%) y caliza-lutita (1%).

Metamórfica: meta sedimentaria (2%).

Suelo: aluvial (20%).

No definido (5%).

### **Edafología**

Los principales Suelos dominantes encontramos, son: Litosol con un 60% son suelos de menos de 10 centímetros de espesor sobre roca o tepetate. No son aptos para cultivo de ningún tipo y sólo pueden destinarse a pastoreo. Es el suelo predominante, cubre las áreas correspondientes a la sierra de Zapotitlán y Zongolica. Al poniente y oriente respectivamente.

Vertisol con un 22% suelos de textura arcillosa y pesada que se agrietan notablemente cuando se secan. Presentan dificultades en su labranza, pero con manejo adecuado son aptos para una gran variedad de cultivos, si el agua de riego es de mala calidad, pueden salinizarse o alcalinizarse. Su fertilidad es alta. Es el segundo suelo de importancia; se presenta en una gran área del Valle de Tehuacán.

Rendzina con un 10% suelo de fertilidad alta en actividades agropecuarias; con cultivos de raíces someras propias de la región en que se encuentren. Se localizan en cinco áreas dispersas por todo el municipio; dos de ellas, las más

extensas, presentan fase pretocálcica (caliche endurecido a menos de 50 cm. de profundidad) o lítica (roca a menos de 50 cm. de profundidad).

Regosol con apenas un 2% suelos formados por material suelto que no sean aluvial reciente, como dunas, cenizas volcánicas, playas, etc. Su uso varía según su origen; muy pobres en nutrientes, prácticamente infértiles.

Por último Feozem con 1%.

### **Hidrografía**

El municipio pertenece a la cuenca del Papaloapan en un 100%. Por su ubicación geográfica y extensión, es regado por corrientes provenientes de la sierra de Zongolica, Zapotitlán y del norte del Valle de Tehuacán.

De la sierra de Zongolica recibe numerosos arroyos que bañan el este y noreste; destaca el río la Huertilla, que se une al canal Tehuacán y forma el río del mismo nombre.

De las regiones septentrionales del Valle de Tehuacán recibe varios canales de riego como el canal Lateral Sur, así como el canal Tehuacán el cuál recorre el Valle del mismo nombre y se convierte en uno de los principales formadores del Papaloapan.

De la sierra de Zapotitlán recibe algunos arroyos que se unen al canal lateral sur, o al Zapotitlán, afluente de Tehuacán.

Mención aparte merecen los manantiales minerales de El Riego Garci-Crespo, San Lorenzo, Santa Cruz, La Granja.

Las Corrientes de agua de acuerdo con su permanencia las clasificamos en 2, el Zapoteco y Huertilla que son perennes y el Agua el Gavilán que es Intermitente.

## Uso del suelo y vegetación

De acuerdo con el INEGI en 2005, el uso el suelo esta como lo indica los siguientes porcentajes. Agricultura (26%), zona urbana (5%).

Usos del suelo del municipio

**Cuadro 1:** Uso potencial del suelo Agrícola

<b>Para la agricultura mecanizada continua</b>	<b>20%</b>
<b>Para la agricultura con tracción animal continua</b>	1%
<b>Para la agricultura manual continua</b>	2%
<b>Para la agricultura manual estacional</b>	1%
<b>No apta para la agricultura</b>	76%

Fuente: INEGI. Marco Geodésico Municipal 2005.

**Cuadro 2:** Uso potencial del Suelo Pecuario

<b>Para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola</b>	<b>20%</b>
<b>Para el establecimiento de praderas cultivadas con tracción animal</b>	1%
<b>Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal</b>	2%
<b>Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal</b>	19%
<b>Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino</b>	44%
<b>No apta para uso pecuario</b>	14%

Fuente: INEGI. Marco Geodésico Municipal 2005.

## Agricultura

Los principales cultivos del municipio son el maíz, la alfalfa, el trigo, la cebada y el café. Más recientemente se ha sembrado sorgo con éxito debido a la gran demanda del sector agrícola. Recientes inversiones en la agricultura controlada y de alta tecnología han logrado nivel internacional.

## Pecuario

Tehuacán es una de las regiones de producción avícola más grandes e importantes de México.

Ganadería, se cría ganado vacuno, porcino y caprino de pastoreo. También la apicultura ha ganado gran importancia, con productos de excelente calidad para el consumo local y para la exportación. El ganado porcino y avícola son dos de los pilares más fuertes de la economía de la región.

## **Vegetación**

La Vegetación del municipio se encuentra distribuida en los diferentes porcentajes según el INEGI en 2005, Matorral (37%), chaparral (23%), pastizal (4%), bosque (2%), mezquital (2%) y selva (1%).

Otro dato importante que no se debe dejar pasar es que el valle de Tehuacán cuenta con vegetación desértica única en el mundo. El municipio presenta una gran diversidad en este ámbito. En áreas del valle donde el terreno no es demasiado plano pero tampoco demasiado accidentado, se encuentran zonas de mezquiales. En las sierras de Zapotitlán y Zongolica, la vegetación está constituida principalmente por matorral desértico, chaparrales y vegetación de selva baja caducifolia. Al noroeste, donde el municipio alcanza mayor altura y el clima es más templado, se presentan bosques de pino-encino. En la carretera **Tehuacán-Cuicatlán** (211 km) predominan las cactáceas, entre ellas, se encuentran muchísimos cactus y biznagas.

## **Población**

De acuerdo con el conteo de población del INEGI en 2010, el municipio cuenta con 274,907 habitantes Tiene una densidad de población de 497.10 habitantes por kilómetro cuadrado y cuenta con 67,006. Viviendas habitadas

## **Economía**

Las principales actividades económicas del municipio son la agricultura, ganadería, industria, minería, turismo y comercio.

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES Y DINÁMICA ACTUAL DE LOS FERTILIZANTES

La utilización de los fertilizantes es requerida en todos los sistemas de producción agrícola a largo plazo, con fines de mantener e incrementar los rendimientos de los cultivos, sobre todo cuando se extrae la planta totalmente del sistema de producción.

El uso de los fertilizantes en la agricultura comenzó hace más de un siglo y está basado en el concepto químico de la nutrición de las plantas; este uso a influido ampliamente en el incremento de la producción agrícola y mejorado la calidad de los alimentos (Salgado, 2010) por tanto es importante revisar el comportamiento del mercado mundial y principalmente nacional en nuestros días.

#### **Mercado Mundial**

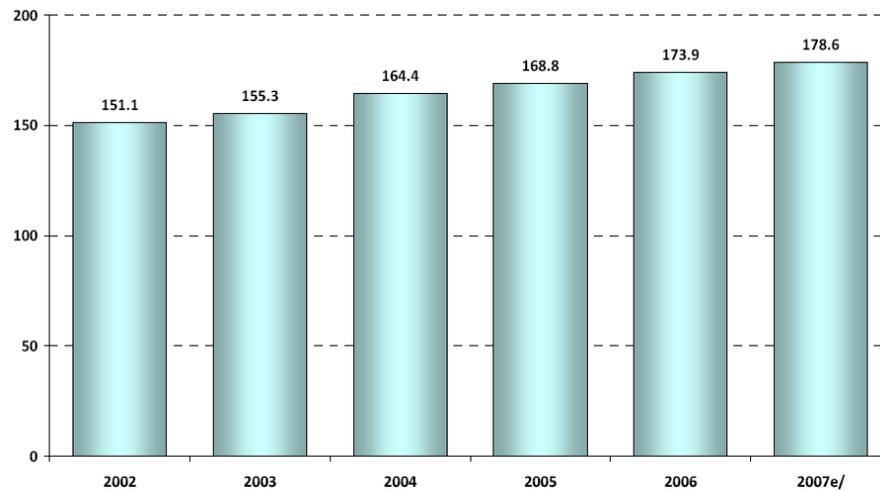
##### **Producción**

Según el estudio sobre fertilizantes realizado por los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura<sup>6</sup> (FIRA), la producción mundial de los fertilizantes mantiene una tendencia creciente. Entre 2002 y 2007 la oferta global creció a una tasa media anual de 3.4%. En dicho periodo, la producción alcanzó un promedio de 165.3 millones de toneladas de nutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio. Tal como se muestra en la grafica 1.

---

<sup>6</sup> Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, (2009). **El Mercado de los Fertilizantes en México: Situación Actual y Perspectivas 2009**. Disponible en: <http://www.fira.gob.mx>.

**Figura 2:** Producción de Fertilizantes, 2002-2007  
Millones de toneladas de nutrientes.



Fuente: FIRA (2009).

Donde podemos ver que los principales países productores de fertilizantes son: China (22.4%), Estados Unidos (11.9%), India (9.4%), Canadá (8.7%) y Rusia (8.6%). En las estadísticas internacionales México figura en el lugar 36 con 0.4% de la producción mundial.

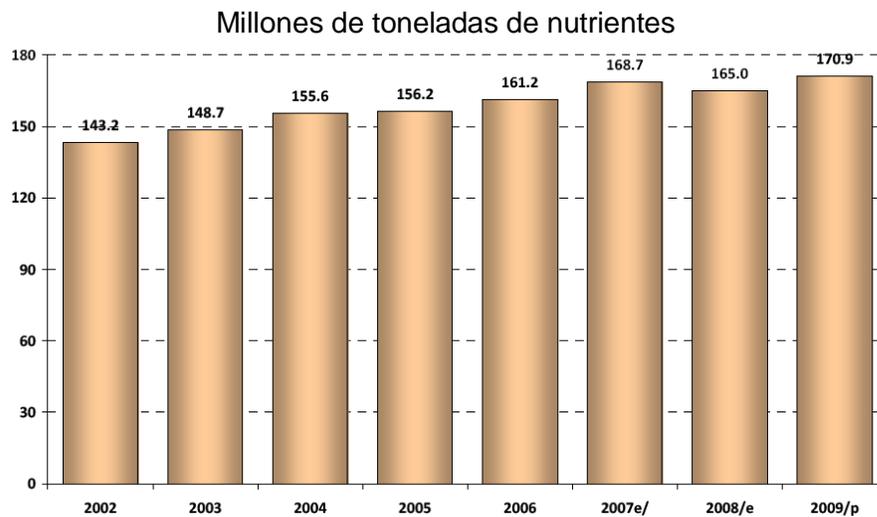
En este mismo estudio se establece a la urea, como el fertilizante de mayor uso a nivel global; su producción en 2007 se incrementó 6.6% para alcanzar 144 millones de toneladas. China contribuyó con dos tercios del incremento mundial. En particular durante 2008, la implementación de impuestos a las exportaciones, como en el caso de China, generó un alto grado de incertidumbre en los mercados internacionales de fertilizantes. China fue el mayor exportador de urea y uno de los principales productores de fosfato monoamónico (MAP) y fosfato diamónico (DAP). La imposición de altas tarifas a las exportaciones agravó la presión en la oferta mundial, al menos durante el último trimestre de 2008. Sin embargo, algunos factores ayudaron a mejorar la disponibilidad de fertilizantes en el mercado mundial. La baja en el precio del petróleo favoreció a los fabricantes de productos nitrogenados en los principales países productores y se registraron algunas reducciones en los costos de

transportación, aunque la tendencia en el costo de la energía en el corto plazo ha sido generalmente a la alza.

### Consumo

En tanto el consumo mundial de nutrientes también muestra una tendencia creciente. Entre 2002 y 2007 registró una tasa media anual de crecimiento de 3.3%. Es necesario destacar que los tres principales países productores concentran 52.7% del consumo mundial: China 27.3%, Estados Unidos 13.5% e India 12%. Asimismo, destacan Brasil y Francia, con 5.9 y 2.7% del total de la demanda, respectivamente. México ocupa el lugar 15 con 1.2% del consumo mundial<sup>3</sup>.

Figura 3: Consumo Mundial de Fertilizantes, 2002-2009.



Fuente: FIRA 2009.

El 59% de los fertilizantes utilizados a nivel mundial son nitrogenados, el 24% fosfatados y el 17% potásicos. En 2007 el consumo de fertilizantes aumentó considerablemente, impulsado principalmente por los altos precios de los productos agrícolas básicos y por la fuerte política de apoyo al uso de estos insumos en muchos países asiáticos. Los datos al respecto muestran que en dicho año la demanda agregada mundial tuvo un incremento de 4.7%, alcanzando 168.7 millones de toneladas de nutrientes. Para el caso particular

de América Latina, se estima que la demanda se incrementó 14.4% con relación a 2006.

Los nuevos usos de los productos agrícolas también han tenido efecto sobre la demanda global de fertilizantes. Los cultivos destinados para producir biocombustibles representaron 2.4% del consumo mundial de fertilizantes en 2007. Algunas estimaciones concluyen que el precio que los agricultores esperan recibir por su producción tiene una influencia mayor sobre las decisiones de invertir en fertilizantes que el precio mismo de estos insumos.

Los productores agrícolas disminuyeron sus compras en espera de menores precios de estos insumos y menor volatilidad de los precios de los productos. Se estima que en América Latina la reducción en el consumo fue de 6.4%.

De acuerdo con la IFA, la necesidad de mayores rendimientos y de incremento en la producción de alimentos son los principales factores que impulsan el crecimiento en la demanda de fertilizantes.

En el mediano plazo, se espera que la demanda de fertilizante crezca a una tasa constante. En comparación con el consumo promedio registrado entre 2005 y 2007, se proyecta que éste se incremente hacia 2012 una tasa media anual de 3.1%, para alcanzar 194.3 millones de toneladas.

### **Comercio Exterior**

De acuerdo con datos del FIRA alrededor del 43% del consumo mundial de fertilizantes se abastece de las importaciones. En el mercado internacional se comercializan aproximadamente 65 millones de toneladas de nutrientes. Los principales países exportadores son: Rusia (17.1%), Canadá (16.6%), Estados Unidos (10.7%), Bielorrusia (5.9%), Alemania (5.4%) e Israel (3.5%). En las importaciones destaca Estados Unidos con 15.7% del volumen comercializado, China con 11.3%, Brasil con 9.5% y Francia con 5.1%. México participa con el 2.0% de las importaciones mundiales, por lo que se ubica en la posición número once entre los países importadores de fertilizantes.

## **Precios Internacionales**

Los precios de los fertilizantes en el mercado internacional se incrementaron fuertemente desde inicios de 2007. La expansión de la demanda y el incremento en los costos de producción en esta industria son los principales factores que explican este comportamiento. En particular, entre 2000 y 2007 Brasil, China e India fueron algunos de los mercados con mayor crecimiento en la demanda de fertilizantes.

Así, los precios internacionales de los granos como el maíz, trigo y soya incentivaron la siembra de mayores superficies y por lo tanto el uso de mayor cantidad de fertilizantes.

Por otra parte, los altos precios del petróleo contribuyeron al incremento de los precios de los fertilizantes nitrogenados, ya que el gas natural es un componente clave para su producción, al representar entre 70% y 90% del costo de la producción de amoníaco. A lo anterior se sumó el incremento en los costos de los energéticos y en las cuotas de transportación, debido a que a nivel mundial los fertilizantes tienen que ser transportados por largas distancias, lo que los hace altamente vulnerables a las variaciones en los costos de los fletes.

De esta forma, el fosfato diamónico (DAP) y la urea alcanzaron precios máximos históricos de \$1,189 y 627 dólares por tonelada, respectivamente, durante los meses de julio y agosto. Esto representó incrementos anuales de 170.6 y 139.0%. En el caso de la urea, durante los dos últimos años, ha mantenido una fuerte alineación con los precios internacionales del petróleo.

En el año 2000 la producción nacional de amoníaco se redujo 61.9% respecto a 1995, y aunque en reducida proporción, se comenzó a importar este insumo clave en la fabricación de fertilizantes. En el país se tiene una capacidad instalada para la producción de 5.3 millones de toneladas de amoníaco, sin embargo sólo se utiliza poco más del 20%.

Los fuertes incrementos en los precios de los fertilizantes hicieron para la mayoría de los productores agrícolas más riesgoso invertir en estos insumos. Como consecuencia los agricultores esperaron mejores escenarios de precios antes de invertir en fertilizantes, limitando las dosis de aplicación. En muchos países, los distribuidores y productores enfrentaron dificultades para acceder a estos insumos durante 2008, lo que resultó en menores importaciones y ventas. En general, los países con esquemas de subsidios a los fertilizantes se vieron menos impactados. Actualmente, de los 25 países con mayor consumo de fertilizantes, diez implementaron algunas formas de subsidiarlos (la mayoría países asiáticos en desarrollo). A inicios de 2008, algunos países exportadores implementaron impuestos a las exportaciones de fertilizantes, limitando con esto la ajustada situación de oferta en el mercado y añadiendo presiones a la alza en los precios,

Sin embargo, después de alcanzar niveles récord, los precios comenzaron un fuerte descenso para ubicarse a finales de 2008 en niveles entre 64.3 y 67.9% menores a los máximos alcanzados a mediados del año. Lo anterior se atribuye a la situación de crisis en los mercados internacionales y las expectativas de menores precios en los productos agrícolas, que tuvieron como consecuencia una baja en la demanda de fertilizantes. Además, se sumó la baja en los costos en la industria internacional de los fertilizantes, ya que algunos de los principales fabricantes a nivel mundial se beneficiaron de menores precios en los energéticos, como resultado de la caída en los precios del petróleo FIRA, (2009).

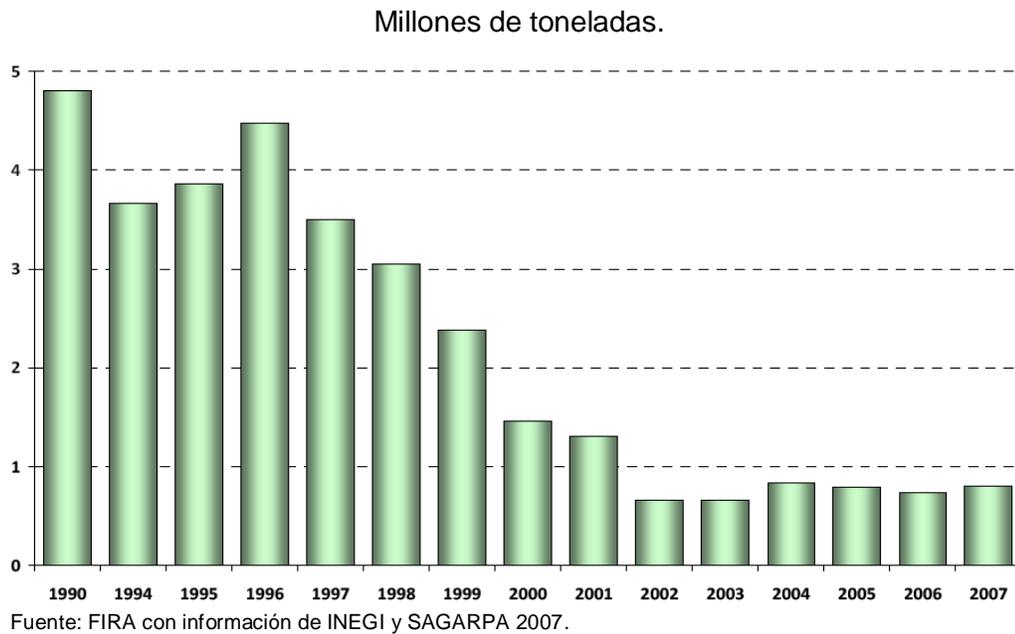
## **Mercado Nacional**

### **Producción**

De acuerdo con datos de FIRA en 2009, a partir de 1992, la producción nacional de fertilizantes se concentró en productos nitrogenados, principalmente urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio. En 1995, la urea fue el fertilizante de mayor producción, con 35.3% del volumen, en tanto que el sulfato de amonio representó el 22.3%. Sin embargo, con el cierre parcial de las plantas

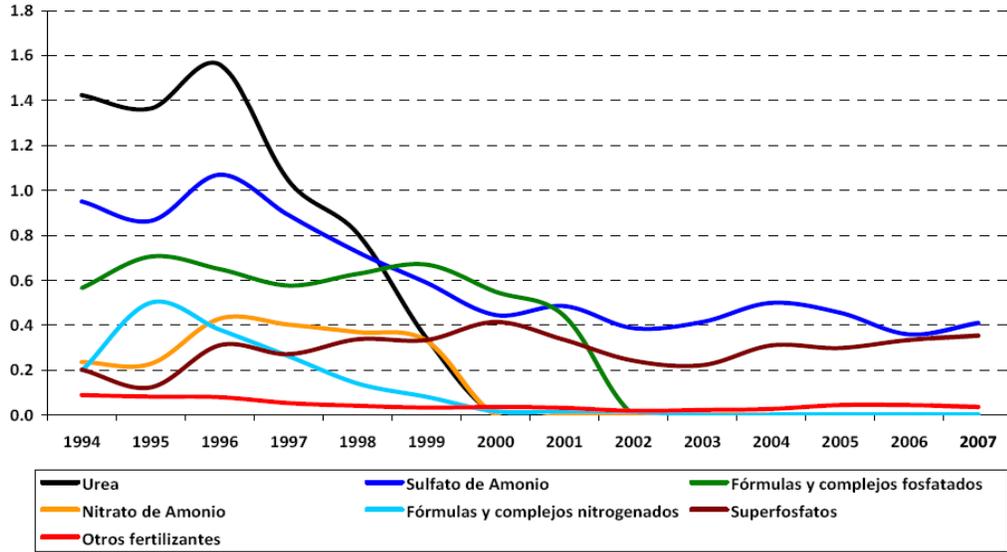
productoras de fertilizantes y la disminución de operaciones a partir de 1997, la generación de estos insumos se redujo drásticamente. En general, la producción de fertilizantes en 2001 disminuyó 64.3% con relación a 1994, y entre 2002 y 2007 mantuvo una tendencia más o menos estable, con un promedio de 0.75 millones de toneladas.

Figura 4: Producción total de fertilizantes en México, 1990-2007.



Entre 1994 y 2007 la producción total se redujo a una tasa media anual de 11.1%. La producción de urea y nitrato de amonio ocurrió sólo hasta 1999. Las fórmulas y complejos fosfatados se fabricaron hasta 2001 y la producción de fórmulas y complejos nitrogenados se suspendió en 2002. De esta forma, a partir de 2003 sólo se produce sulfato de amonio, superfosfatos y otros fertilizantes. Las proporciones de estos tipos de fertilizantes en el volumen producido durante 2007 fueron de 51.3, 44.3 y 4.4%, respectivamente.

Figura 5: Producción de fertilizantes en México, 1994-2007.  
Millones de toneladas

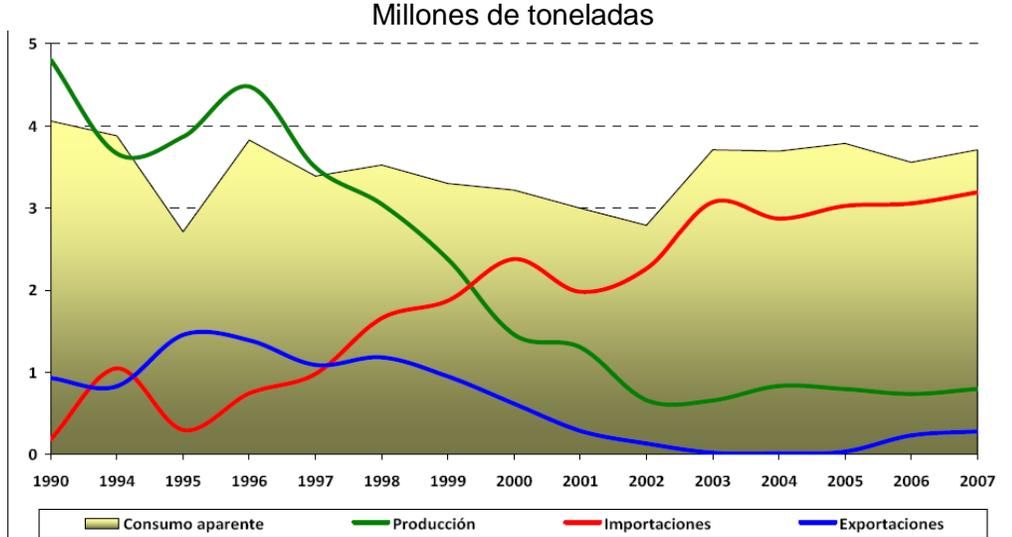


Fuente: FIRA con información de INEGI.

### Consumo Nacional

A partir de 2003, el consumo aparente ha mantenido una tendencia estable, con un promedio de 3.7 millones de toneladas de fertilizantes. De esta forma, con la producción nacional se abastece únicamente alrededor de 21% del consumo nacional aparente, como se muestra en la grafica 6.

Figura 6: Producción, comercio exterior y consumo aparente de fertilizantes México, 1990-2007.  
Millones de toneladas



Fuente: FIRA con información de INEGI, SIAVI-SECRETARIA SAGRPA 2008.

De los 21.4 millones de hectáreas que se cultivan anualmente en México, sólo 10.2 millones se fertilizan, lo que representa el 47.7% de la superficie sembrada. En once estados del país se concentra el 80% de la superficie fertilizada: Sinaloa, Tamaulipas, Jalisco, Veracruz, Guanajuato, Chihuahua, Zacatecas, Chiapas, Michoacán, Puebla y Sonora; estas entidades representan el 60.3% de la superficie sembrada.

De lo anterior se puede ver que la caída en la producción de fertilizantes, particularmente de los nitrogenados, ocurrió de manera paralela a la fuerte disminución en la producción de amoníaco por parte de la industria petroquímica, como consecuencia de las serias distorsiones en el mercado internacional y por la alta volatilidad de los precios del gas natural.

En el año 2000 la producción nacional de amoníaco se redujo 61.9% respecto a 1995, y aunque en reducida proporción, se comenzó a importar este insumo clave en la fabricación de fertilizantes. En el país se tiene una capacidad instalada para la producción de 5.3 millones de toneladas de amoníaco, sin embargo sólo se utiliza poco más del 20%.

Cuadro 3: Producción y comercio exterior en México.

PRODUCCIÓN Y COMERCIO EXTERIOR DE AMONIACO EN MÉXICO, 1990-2007			
Millones de toneladas			
Año	Producción	Exportaciones	Importaciones
1990	632.2	513.8	-
1995	2,422.1	303.3	-
2000	922.7	247.9	231.7
2006	591.7	35.7	50.7
2007	448.9	20.7	27.0

Fuente: FIRA con información de PEMEX 2009.

Entre enero y octubre de 2008 se produjo un total de 656,385 toneladas de fertilizantes, lo que representa 0.6% menos que en el mismo lapso de 2007. El 54.5% del volumen producido correspondió a sulfato de amonio, el 43.4% a superfosfatos y el 2.1% otros fertilizantes. Considerando lo anterior, es posible

afirmar que el consumo aparente de fertilizantes en México entre 1990 y 2007 disminuyó 8.7%; aunque la producción se redujo en 83.4%. De esta forma, es claro que el volumen de las importaciones contrarrestó el paro de la producción FIRA, (2009).

## CAPITULO III

### IMPACTO AMBIENTAL DE LOS FERTILIZANTES

Es importante definir lo a lo que llamamos como fertilizante o fertilizantes, Según Salgado et al 2010, fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético, capaz de proporcionar a las plantas uno o más de los elementos químicos esenciales para su normal desarrollo; en tanto para la FAO-IFA 2000, fertilizante es cualquier material natural o sintético, que contiene al menos 5% de uno o más de los tres elementos primarios (N,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,K<sub>2</sub>O).

De acuerdo con Ludwck, (2004) un material que contiene alguno o algunos de los elementos esenciales que sea capaz de proporcionarlo a las plantas atreves de las raíces o del follaje es a lo que nombramos fertilizante.

#### **Impacto ambiental de los fertilizantes químicos en la agricultura**

La *Revolución Verde* introdujo en nuestro país un paquete tecnológico que incluye el uso de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), el monocultivo, variedades genéticamente mejoradas, maquinaria agrícola, entre otros.

Este sistema provocó el desplazamiento de la agricultura tradicional, la pérdida de semillas criollas y la dependencia de los campesinos a insumos externos y créditos para producir. Los efectos de este sistema se evidencian en: Contaminación del agua y suelos, por el uso de a las ventas mundiales de los agroquímicos realizadas por parte de las multinacionales más grandes, sobrepasando los tres millones de toneladas, con un costo de más de \$ 21,000 millones de dólares anuales. Es de resaltar, que aunque la mayor cantidad de venenos se emplea en los países desarrollados, el 99% de las muertes por intoxicaciones se concentran en Asia, África, América Latina y el Caribe. (Bejarano y Restrepo 2002). Otros estudios actuales corroboran lo dicho por

Bejarano y Restrepo sobre los fertilizantes químicos y la problemática ambiental tal como lo dicen universidades tanto extranjeras como las connacionales.

Un trabajo reciente de la Universidad de Oregón<sup>7</sup> (EE.UU.), revela que los contaminantes que se acumulan en el suelo disminuyen la productividad de los cultivos, lo que pone en riesgo las estrategias que persiguen una agricultura sostenible. Al reducirse la productividad, los agricultores recurren a más fertilizantes y pesticidas, lo que a su vez aumenta la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas por nitratos procedentes del fertilizante. El resultado es un círculo vicioso, un efecto perverso a largo plazo de la contaminación que se refleja en la calidad de la agricultura, de los acuíferos y del agua de consumo doméstico.

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas y la agricultura hace que este elemento vaya agotándose del suelo. Para remediarlo, la agricultura convencional ha optado por la aplicación masiva de fertilizantes nitrogenados y el riego abundante. El problema es que las plantas sólo absorben la mitad de esos fertilizantes. El resto se filtra a través del suelo con las aguas de riego y contaminan acuíferos y ríos. Estudios realizados en el Reino Unido han calculado que se filtran entre 50 y 60 kilogramos de nitrógeno por hectárea al año y que el 58% de los nitratos que contaminan los acuíferos proceden de la agricultura. En España, éste es un problema muy extendido. Una de las zonas más afectadas, aunque no la única, es la Comunidad Valenciana, donde en muchos acuíferos se supera el límite de 50 miligramos de nitratos por litro de agua establecido por la Unión Europea.

La consecuencia es un exceso de nitratos en las reservas de agua, a veces a niveles que pueden afectar a la salud humana y ambiental.

---

<sup>7</sup> FERNÁNDEZ, Mercé. (2008). **Fertilizantes y Contaminantes, un Círculo Vicioso**

**La Contaminación Acumulada en el Suelo Amenaza la Agricultura Sostenible.** Recuperado el 11 de febrero de 2011. Disponible en: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2008/04/02/175872.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2008/04/02/175872.php)

Si la cantidad de fertilizante aplicada es moderada, no tiene por qué producirse un exceso de nitratos. El riesgo surge, apuntan los expertos, cuando se sobrepasan las cantidades recomendadas en un intento de conseguir un mayor crecimiento de las plantas. Pero añadir más fertilizante no supone automáticamente un aumento de la productividad, ya que la causa del poco rendimiento de los cultivos puede tener otro origen. Es lo que ha revelado el trabajo de la Universidad de Oregón, publicado recientemente en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*.

Según el estudio, los compuestos químicos presentes en el suelo afectan al crecimiento de los cultivos de leguminosas, ya que reducen su capacidad de capturar y fijar nitrógeno (un proceso esencial en el crecimiento de este tipo de plantas). Por ejemplo, el insecticida metilparation -que se aplica a la alfalfa y al algodón- reduce la productividad en un 35%, y el DDT - que aunque ya no se usa, está presente en muchos suelos agrícolas- en un 45%. El bisfenol A, un compuesto empleado en los plásticos y que se ha convertido en un contaminante prácticamente omnipresente, provoca una reducción de la productividad en la alfalfa de un 50%. Otro contaminante, el pentaclorofenol, usado para proteger la madera de los postes de teléfono y de otras infraestructuras, reduce el rendimiento de los cultivos en hasta un 80%. Todo ello explicaría, dicen estos expertos, el descenso en la productividad que se ha visto en los últimos 40 años en todos los países y a pesar de la creciente aplicación de fertilizantes y pesticidas. (Fernández 2008)

### **Importancia de los abonos orgánicos**

Al mismo tiempo surge la corriente opuesta al uso de agroquímicos, al identificar fuentes de aprovechamiento amigables con el medio ambiente como son los abonos orgánicos, los cuales están revolucionando la forma de hacer agricultura en todo el mundo y empieza a tener importancia aunque no a gran escala en nuestro país.

Los fertilizantes orgánicos se derivan sólo de los restos o subproductos de un organismo Lesur, (2006). Para otros, los abonos orgánicos son aquellos producidos con materiales de origen animal o vegetal. Un gran número de materiales orgánicos pueden ser utilizados como abono orgánico y suministro de nutriente a las plantas. (Boguslawsk y Debruck, 1977, Nuñez, 1981, Salgado 2010)

La producción de abonos orgánicos en México, se ha incrementado como resultado del crecimiento poblacional y de la ganadería. La producción estimada de biosólidos es de 2.6 millones de toneladas por año en peso húmedo (70%) con base en la capacidad instalada de tratamiento de agua residual a nivel nacional, lo que podría beneficiar 52 mil hectáreas de suelos agrícolas por año (Flores, 2003). Mientras que la estimación de estiércol de ganado bovino de leche y carne es de 3.8 millones de toneladas por año, con base en 34 kg. de estiércol por día (Flores, 2009).

Para Ormeño y Ovalle (2007), la agricultura orgánica como: cultivos asociados, descanso de los suelos, rotación de cultivos, uso de abonos orgánicos, como estiércol de animales, entre otros; fue practicada por nuestros ancestros y mantenida por los pequeños productores, logrando un equilibrio con su medio a través del uso sustentable de los recursos. Con el pasar de los años, ocurre la explosión demográfica en el mundo, se hace necesario aumentar la producción de alimentos y aumentar la superficie cultivada. Se da como alternativa la “revolución verde” (uso excesivo de fertilizantes químicos, plaguicidas, maquinarias, entre otros) que en un principio solucionó el problema de la falta de alimentos, pero con el tiempo, produjo pérdidas en la calidad de los suelos, de los ecosistemas y de la salud de los humanos. Hoy la tendencia es volver hacia un uso sustentable de los recursos y la aplicación de abonos orgánicos se considera como una alternativa para lograrlo.

La producción y uso de los abonos orgánicos se plantea como una alternativa económica para los pequeños y medianos productores, sin embargo, se debe

estandarizar la producción para que la calidad de los mismos se mantenga en el tiempo.

Las ventajas de los abonos orgánicos van más allá de la parte económica, permiten el aporte de nutrientes, incrementa la retención de humedad y mejora la actividad biológica, e incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad.

Según Flores (2002), la aplicación apropiada de abonos orgánicos en suelos agrícolas aumenta como medio de disposición, reciclaje de nutrientes y conservación del agua. Aunque los biosólidos y estiércoles son materiales muy distintos química y físicamente, tienen en común que su utilización apropiada como fertilizantes orgánicos y mejoradores de suelos depende del porcentaje de descomposición de sus estructuras orgánicas. Sin embargo estudios como el de Stanford y Smith (1972), indican que no basta con aplicar fuentes orgánicas, sino hacer un cálculo de la dosis de aplicación, por ejemplo afirman que la tasa de mineralización del N orgánico es la clave para el cálculo de dosis apropiadas sin afectar el ambiente aun en la agricultura orgánica.

### **Importancia de los estiércoles**

Los estiércoles retoman un papel importante dentro de los abonos orgánicos ya que las producciones ganaderas de diferentes especies son fuente potencialmente generadora de materia prima para elaborar con procesos sencillos el estiércol en abonos ricos en nutrientes aprovechable por las plantas al mismo tiempo que se hace un uso adecuado y eficiente de los desechos de las granjas.

Para Sosa 2005, los residuos de las explotaciones ganaderas desde dos ópticas diferentes: como desechos que deben ser eliminados y como materiales que pueden utilizarse en calidad de enmiendas orgánicas de los suelos. La primera idea se relaciona con un aspecto de particular relevancia en la actualidad, cual es la contaminación ambiental; la segunda entronca con el concepto de sustentabilidad.

Efectivamente, el empleo eficiente de los residuos animales como abonos puede ser una práctica de manejo agronómica y económicamente viable para la producción sustentable en agro ecosistemas mixtos. En el caso específico de los estiércoles de diferentes ganados, su incorporación al suelo permite llevar a cabo un reciclado de nutrientes. Los mismos son removidos desde el complejo suelo-planta a través de la alimentación de los animales y pueden retornar parcialmente a ese medio en forma de abono.

Una vez más es preciso recordar que existe una crisis total de energía, con el consecuente aumento de los costos de los fertilizantes inorgánicos. Así mismo, han surgido en algunos países, serios problemas de contaminación por el uso excesivo de los fertilizantes y se han incrementado las áreas que sufren procesos de degradación por la disminución de la fracción orgánica de los suelos ante el intenso uso agrícola. Este panorama renueva a nivel mundial, el interés por el uso en agricultura de materiales orgánicos de diversos orígenes.

Y es que perfectamente puede hablarse de "renovar" el interés por el empleo de los abonos orgánicos; particularmente si se tiene en cuenta que esa práctica es de muy antigua, inicia en la prehistoria, cuando el hombre comenzó a esparcir los estiércoles en las tierras en donde se realizaban los primeros cultivos. Ya en épocas históricas, las sociedades más avanzadas continuaron aplicando tales desechos a los suelos, fundamentalmente con propósitos de fertilización. La aparición en el siglo XX de los fertilizantes inorgánicos y su empleo a escala masiva disminuyó hasta épocas recientes la atención por el empleo de las enmiendas orgánicas, particularmente en los países más desarrollados.

### **Acciones de los estiércoles en el suelo**

Otro aspecto que aporta a la idea de sustentabilidad es que los estiércoles no sólo proveen nutrientes, sino que particularmente cuando su uso es prolongado suelen ejercer acciones positivas sobre un variado conjunto de propiedades edáficas. Fundamentalmente, porque pueden introducir mejoras considerables

en el contenido y en la calidad de la materia orgánica. Los tenores orgánicos de estos materiales son variados y fundamentalmente están en relación con la especie animal, con la alimentación del ganado y con el medio en donde los mismos se acumulan y recogen. Puede decirse, no obstante ello, que siempre resultan altos (entre 30 y 80%). En el caso específico de los rumiantes, el forraje rico en fibra que compone su dieta fundamental también contiene una cierta proporción de ligninas. Estas ligninas no son prácticamente degradadas ni por las enzimas de digestión ni por los microorganismos, y se excretan en el estiércol, junto a las sustancias constituidas por proteínas indigeribles. Representan los componentes más importantes para la generación de las sustancias húmicas estables. Así, aplicaciones reiteradas de estiércoles de ganado durante períodos prolongados suelen elevar los contenidos de humus del suelo.

En correspondencia con el beneficio que producen sobre la fracción orgánica, se ha demostrado que el estercolado es capaz de actuar positivamente sobre la condición física de las tierras. Así, se han logrado importantes disminuciones de la densidad aparente, aumentos de la porosidad total, de la macro porosidad y de la estabilidad estructural y mejoras en la capacidad de almacenaje de agua del suelo, mediante la incorporación al suelo de variados tipos de estiércoles.

La condición biológica es otro aspecto afectado por la práctica del abonado orgánico. El estiércol ejerce un efecto favorable en tal condición por el gran y variado número de bacterias que posee. Éstas producen transformaciones químicas no sólo en el estiércol mismo sino, además, en el suelo, haciendo que muchos elementos no aprovechables por las plantas puedan ser asimilados por ellas. Además, el estercolado puede aumentar la población y la actividad de algunos componentes de la fauna edáfica, como por ejemplo las lombrices.

No obstante las consideraciones precedentes, el interés esencial que a nivel de los productores y de muchos profesionales del agro provocan los estiércoles en calidad de enmiendas suele estar centrado en su posible aptitud como

fertilizante químico. Como proveedores de nutrientes en estos materiales son de bajo grado si se los compara con los fertilizantes industriales. Asimismo, debido a la resistencia a la descomposición de algunas de las fracciones orgánicas presentes en los estiércoles, sólo una parte de los nutrientes presentes el producto original queda finalmente a disposición de las plantas.

Sin embargo, no debe menospreciarse en absoluto el valor fertilizante de los estiércoles, particularmente si las cantidades que se aplican al suelo son superiores a los 10,000 kg/ha. Si se tienen en cuenta los datos expuestos en el cuadro 2, puede decirse que en una incorporación de 20,000 kg/ha de estiércol fresco de vacuno (con 80% de humedad), se aportan al suelo 50.8 kg/ha de nitrógeno, 33.6 kg/ha de potasio y 32.4 kg/ha de fósforo asimilable; mientras que aplicando igual dosis de gallinaza (estiércol de pollo sin cama), se inyectan al suelo 142.8 kg/ha de nitrógeno, 83.4 kg/ha de potasio y 231.6 kg/ha de fósforo asimilable (tomando a la enmienda con una humedad del 70%).

Cuadro 4: Composición media de estiércoles frescos de diferentes animales domésticos (como porcentaje de la materia seca).

<b>Nutriente</b>	<b>Vacunos</b>	<b>Porcinos</b>	<b>Caprinos</b>	<b>Conejos</b>	<b>Gallinas</b>
<b>Materia orgánica (%)</b>	48,9	45,3	52,8	63,9	54,1
<b>Nitrógeno total (%)</b>	1,27	1,36	1,55	1,94	2,38
<b>Fósforo asimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, %)</b>	0,81	1,98	2,92	1,82	3,86
<b>Potasio (K<sub>2</sub>O, %)</b>	0,84	0,66	0,74	0,95	1,39
<b>Calcio (CaO, %)</b>	2,03	2,72	3,2	2,36	3,63
<b>Magnesio (MgO, %)</b>	0,51	0,65	0,57	0,45	0,77

Fuente: Aso y Bustos, 1991.

Tanto el cuadro 4 como el 5 nos muestran una similitud en la cantidad de elementos nutrientes aunque no serán iguales ya que estos tienen alguna variación de acuerdo al consumo y tipo de alimento que el ganado tenga a su alcance.

Cuadro 5: Contenido de nutrimentos de diferentes animales en base húmeda (70% en promedio)

ESTIERCOLES	% DE NUTRIENTES MAYORES		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>BOVINO</b>	0.50	0.36	0.73
<b>EQUINO</b>	0.46	0.28	0.67
<b>PORCINO</b>	0.70	0.71	0.61
<b>CAPRINO</b>	0.67	0.21	0.63
<b>AVES</b>	0.87	1.84	0.81
<b>OVINO</b>	0.56	0.32	0.86

Fuente: Cruz, 1986.

Pero existen otras razones que resaltan el carácter fertilizante de los estiércoles. Una de ellas es que incluyen todos los nutrientes vegetales, además de los tres esenciales, también contienen magnesio, calcio, azufre y micronutrientes. También, hay que señalar que una parte del nitrógeno contenido en estos residuos se encuentra en forma directamente disponible para las plantas es más, la disponibilidad del nitrógeno de la orina animal es por corto tiempo. Por último, se debería tener en cuenta que una porción de los nutrientes particularmente en el caso del nitrógeno, del fósforo y de los micro elementos que se halla en los estiércoles pasará a formar parte del humus, quedando así almacenados en el suelo, a resguardo de las pérdidas por lavado.

Pero no todas son ventajas en las consideraciones que pueden señalarse respecto a la aplicación de estos productos. El estercolado en dosis elevadas es capaz de incrementar la salinidad edáfica, elevar el pH y aumentar la concentración en el suelo de nitrato, amonio y otros iones tóxicos. Los dos primeros efectos se relacionan con las características propias de los estiércoles en el cuadro 4. En general, los excrementos animales son alcalinos, fundamentalmente por liberar nitrógeno en forma de urea, que se descompone formando amoníaco. Contenidos relativamente altos de sales y/o una reacción básica pueden constituirse en factores perjudiciales para las plantas de los cultivos, especialmente durante la germinación y la emergencia.

Cuadro 6: Salinidad y reacción del medio en estiércoles de diferentes animales domésticos.

Propiedad	Vacunos	Porcinos	Caprinos	Conejos	Gallinas
pH	7,6	7,3	8,2	7,5	7,5
CE (Mmhos/cm)	6,3	9,4	12	8,9	14,2

Fuente: Aso y Bustos, 1991.

En algunos países, la combinación de aplicaciones repetidas a lo largo del tiempo y de altas dosis ha permitido el lavado y la acumulación en profundidad y en las aguas subterráneas de nitrato, fósforo y otras sustancias en cantidades contaminantes. También se han verificado contaminaciones en el suelo y en la vegetación con gérmenes patógenos como: algunas bacterias coliformes; presentes en los estiércoles. En este sentido hay que destacar que, cuanto menos, puede producirse una distorsión en la composición de la flora edáfica al entrar al suelo grupos de baja o nula eficacia en los procesos de humificación.

Las técnicas de aplicación del estiércol a la tierra varían según el material sea sólido o líquido. En general se recomienda la semiincorporación; no es adecuado dejarlo en superficie, pues las formas volátiles de los nutrientes particularmente el nitrógeno puede derivar a la atmósfera y no pasar al suelo. El momento de aplicación debería ser próximo a la siembra del cultivo, para disminuir la pérdida de nutrientes por volatilización o lavado. Sin embargo, en los casos en que estos materiales puedan producir modificaciones importantes del pH o elevar la salinidad, será conveniente disponerlo sobre el suelo 30 a 45 días previos a la siembra.

Sin duda los abonos orgánicos como biosólidos y estiércoles aportan macro y micro nutrientes al suelo, que además de contribuir sustancialmente a la nutrición de cultivos agrícolas, también pueden mejorar las propiedades del suelo cuando se aplican en dosis apropiadas<sup>8</sup>. En México existe un potencial de

<sup>8</sup> SOSA, Oscar. (2005). **Los Estiércoles y su Uso como Enmiendas Orgánicas**. En: Revista Agromensajes.

Publicación cuatrimestral de la facultad de Ciencias Agrarias. Mayo 2005. [Revista electrónica]. Recuperada el 02 de febrero de 2011. Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/16/7AM16.htm>.

producción de estos abonos para beneficiar la superficie cultivable con estiércoles y biosólidos. El problema radica en que los abonos orgánicos son aplicados al suelo sin conocimiento de sus contenidos nutrimentales y demás factores que influyen en el cálculo de una dosis que permita suministrar las necesidades nutrimentales sin contaminación por nitratos las aguas superficiales y profundas. **(Flores 2009)**

### **Los biofertilizantes anaeróbicos**

Existen hoy en día un sin número de metodologías para obtener fertilizantes orgánicos que sean amigables con el medio ambiente de bajo costo, fácil elaboración y practicidad al usarlo, en tanto surge en Brasil esta nueva tendencia hacia los biofertilizantes fermentados sin oxígeno el cual cuenta con varias de las características planteadas.

Para Colque et al, 2005, los fertilizantes anaeróbicos los llama biol que afirma son una fuente de fitoreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en mangas de plástico (biodigestores), actúa como bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades y es capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La Producción de Abono Foliar (Biol) es una técnica utilizada con el objetivo de incrementar la cantidad y calidad de las cosechas. Es fácil y barato de preparar, ya que se usa insumos de la zona y se obtiene en un tiempo corto (1 - 4 meses).

El biol es la mezcla líquida del estiércol y agua, adicionando insumos como alfalfa picada, roca fosfórica, leche, harina de pescado entre otros, que se descarga en un digestor, donde se produce el abono foliar orgánico. Además,

en la producción de biol se puede añadir a la mezcla plantas biocidas o repelentes, para combatir insectos plagas.

En la República del Salvador, el programa público de beneficio social, *De campesino a campesino*<sup>9</sup>, afirma que la fermentación ocurre en ausencia de oxígeno y se llama anaeróbica. Esta se origina a partir de la intensa actividad de los microorganismos que transforman los materiales orgánicos y producen vitaminas, ácidos y minerales complejos, indispensables para el metabolismo y perfecto equilibrio nutricional de la planta.

Las sustancias que se originan a partir de la fermentación son muy ricas en energía libre, que al ser absorbidas directamente por las hojas tonifican las plantas e impiden el desarrollo de enfermedades y el constante ataque de insectos.

Por otra parte Restrepo 2007, también coincide mucho con los dos autores antes citados aunque para él, los biofertilizantes anaeróbicos, son súper abonos líquidos con mucha energía equilibrada y en armonía mineral, preparados a base de estiércol de vaca muy fresca, disuelta en agua y enriquecida con leche, melaza y ceniza, que se ha colocado a fermentar por varios días en toneles o tanques de plástico, bajo un sistema anaeróbico (sin la presencia de oxígeno) y muchas veces enriquecidos con harina de rocas molidas o algunas sales minerales; como son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc.

### **El ganado Caprino y su estiércol**

Los caprinos son mamíferos que pertenecen a la subclase de los ungulados (es decir que están provistos de pezuñas) a la orden Artodáctilos; a la suborden rumiante y a la familia de los bóvidos. Fueron de los primeros animales en ser

---

<sup>9</sup> Equipo Técnico del Programa de Campesino a Campesino (2008). **Preparando y Usando Biofertilizantes Orgánicos**. San Salvador, El Salvador: Autor. (p.2).

domesticados, al parecer en Mesopotamia hace unos 10,000 años. Es una de las especies más útiles al hombre, sobre todo como proveedores de leche.

Con el paso del tiempo, los caprinos se han convertido en la especie animal doméstica más ampliamente distribuida en el mundo a excepción del perro. Durante los últimos 100 años, sobre todo durante y después de las guerras, la crianza de caprinos aumentó, como una forma de paliar la escasez de leche.

A pesar de ser difícil calcular la evolución demográfica caprina en el mundo, hay algunos estudios que indican que en 1950 existían 281 millones de ejemplares; en 1965 se incremento la población a 337 millones; en 1981 a 456 millones y en 1994 a 609 millones según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación<sup>10</sup> (FAO).

Las cabras fueron introducidas primeramente en el Caribe y más tarde al Continente Americano por los españoles, alrededor del siglo XVI. Actualmente predominan las cabras nativas o criollas, que son el resultado de la selección natural y de varios siglos de no muy acertadas practicas de cruzamiento.

La especie caprina tiene la habilidad extraordinaria de convertir en carne y leche los alimentos más groseros. Con una adecuada alimentación y manejo la cabra es capaz de producir un 10% de su peso vivo en leche de calidad por día. Los caprinos pueden sobrevivir, e incluso producir, en condiciones adversas de clima difícil y con reducidos recursos naturales. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 2007.

### **Producción de estiércol de diferentes especies animales**

Según estudios realizados por Cruz, 1986; hay un gran potencial en los estiércoles de diferentes animales domésticos que pueden ser utilizados, en

---

<sup>10</sup> Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. (2007). **Manual de Producción y Paquete Tecnológico Caprino**. Puebla: Autor. pp.5-13

nuestros días con mayor énfasis en la fertilización orgánica véase el cuadro numero 7.

Cuadro 7: Producción de estiércol en kilogramos por número de días y volumen almacenado.

<b>ESPECIE</b>	<b>Kg/día</b>	<b>Kg/3 meses</b>	<b>Vol./día</b>	<b>Vol./3 meses</b>
<b>Bovinos</b>	20	1800	0.0260	2.34
<b>Equinos</b>	5	450	0.0060	0.54
<b>Porcinos</b>	3	270	0.0040	0.36
<b>Ovi-Caprinos</b>	1	90	0.0010	0.09
<b>Conejos</b>	0.13	12	0.0002	0.02
<b>Aves(1000 gallinas)</b>	75	6750	0.1000	9.00

Fuente: Cruz, 1986.

Una vez que nos damos cuenta del potencial para producir estiércoles y aprovecharlos surge la necesidad de usarlos con mayor eficiencia para lo que analizaremos la fermentación anaeróbica.

### **Proceso de anaeróbico**

Para Gropelli y Grampaoli 2004, la digestión anaeróbica se trata de un proceso natural, que corresponde al ciclo anaeróbico del carbono, por el cual es posible que mediante una acción coordinada y combinada de diferentes grupos bacterianos en ausencia total de oxígeno, éstos puedan utilizar la materia orgánica para alimentarse y reproducirse, como cualquier especie viva que existe en los diferentes ecosistemas.

Cuando se acumula materia orgánica (compuesta por polímeros, como carbohidratos, proteínas, celulosa, lípidos, etc.) en un ambiente acuático, los microorganismos aerobios, actúan primero, tratando de alimentarse de este sustrato. Este proceso consume el oxígeno disuelto que pueda existir. Luego de esta etapa inicial, cuando el oxígeno se agota, aparecen las condiciones necesarias para que la flora anaerobia se pueda desarrollar consumiendo también, la materia orgánica disponible.

Como consecuencia del proceso respiratorio de las bacterias se genera una importante cantidad de metano ( $\text{CH}_4$ ), anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y trazas de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). En la puesta en marcha de un biodigestor se desarrollan y actúan dos tipos de bacterias: las **desnitrificantes** que son básicamente aerobias, y cumplen con la función inicial de remover el oxígeno disuelto y crear las condiciones de anaerobiosis necesarias para que se desarrollen las bacterias productoras de biogás. El otro tipo de bacterias son las **sulfato-reductasas**, éstas siempre están presentes y producen ácido sulfhídrico que, caracteriza el mal olor del biogás.

Las etapas de digestión anaeróbica son: “hidrólisis y fermentación”; “acetogénesis y deshidrogenación”; y “metanogénesis”. Para que estos procesos se desarrollen y la flora microbiana actúe es necesario que la materia orgánica contenga una cierta cantidad de nutrientes. El consumo de carbono (C) es superior al de nitrógeno (N), en forma amoniacal, en una relación de C/N=30:1, también requieren de una cantidad de fósforo en una proporción de N/P=5:1 Además requieren de metales alcalinos y alcalinos térreos, como sodio, potasio, calcio y magnesio, en pequeñas concentraciones como micronutrientes; de lo contrario, pueden ser causa de la inhibición del proceso de digestión. Para cumplir con las funciones enzimáticas también requieren muy pequeñas concentraciones de hierro, cobre, zinc; níquel, azufre, etc., los que se encuentran en las cantidades necesarias, en todos los residuos orgánicos habitualmente utilizados.

Una vez teniendo las bases del proceso anaeróbico podemos aplicar tales principios a fines más prácticos como es la elaboración de los biofertilizantes.

**Cuadro 8: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS FERTILIZANTES QUIMICOS-ORGANICOS**

<b>QUIMICOS</b>		<b>ORGÁNICOS</b>	
<p><b>Ventajas:</b></p> <p>Son de fácil aplicación.</p> <p>La planta los asimila rápidamente.</p> <p>Los resultados se observan en la planta a corto plazo.</p> <p>Son específicos y concentrados.</p> <p>Se pueden adquirir en grandes volúmenes.</p>	<p><b>Desventajas:</b></p> <p>Cuando se aplica en exceso degrada los suelos.</p> <p>Tienen un costo elevado.</p> <p>Acidifican el suelo lo que es perjudicial para la fertilidad del suelo.</p> <p>Modifican la conductividad eléctrica por el alto contenido de sales.</p> <p>Modifica la presión osmótica.</p> <p>Pueden modificar el pH.</p> <p>Daña la capacidad de retención de agua en el suelo</p> <p>Puede afectar negativamente en la población de microorganismos benéficos</p> <p>Pueden contaminar mantos freáticos</p>	<p><b>Ventajas:</b></p> <p>No contaminan el medio ambiente.</p> <p>No dañan o degradan los suelos.</p> <p>Mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.</p> <p>Aumentan la capacidad de retención del agua.</p> <p>Es de fácil aplicación.</p> <p>Se pueden producir en casa (humus y compost).</p> <p>Son de bajo costo modifica las propiedades químicas</p> <p>Incrementa el contenido de nutrientes esenciales</p>	<p><b>Desventajas:</b></p> <p>Se necesita aplicar grandes cantidades.</p> <p>La planta asimila lentamente los nutrientes.</p> <p>Empleo de mayor cantidad de mano de obra para el abonamiento.</p>

Fuente; Elaboración Propia.

## CAPÍTULO IV

### ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTE

En la elaboración de fertilizantes biofermentados no existe un modelo exacto a seguir tal como mencionan los autores, a estos se les puede sustituir o remplazar los materiales, la esencia son sus componentes y que cumplan la misma función, tal como lo menciona Restrepo en su **Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas**, donde muestra un ejemplo de elaboración que puede ir ajustándose al entorno.

Los materiales que pueden usarse para preparar los biofertilizantes son:

- A. Tanques o toneles de plástico de 200 litros de capacidad, con aro metálico o tapas roscadas, con la finalidad de quedar herméticamente cerradas para que se dé una buena fermentación del biofertilizante.

La fermentación del biofertilizante es anaeróbica, o sea, se realiza sin la presencia de oxígeno como se muestra.

Figura 7: Recipiente plástico usado como biodigestor.

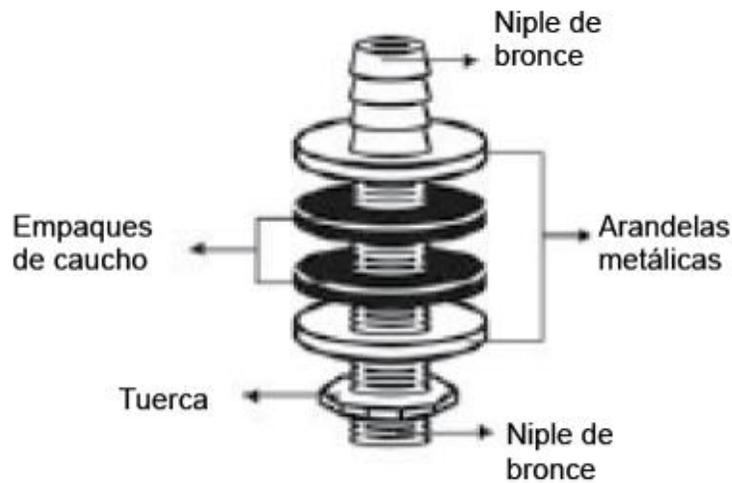


Fuente: Restrepo 2007.

En el caso de que no se cuente con tanques o toneles de plástico con capacidad de 200 litros para preparar los biofertilizantes, pueden hacer cálculos proporcionales en tanques más pequeños o más grandes.

B. Una válvula metálica o un pedazo de niple roscado de más o menos 7 centímetros de largo y de 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro, adaptado a la tapa, para permitir la salida de los gases (principalmente metano y sulfhídrico) que se forman en el tanque durante la fermentación del estiércol de vaca. Productores y campesinos están adaptando la válvula a partir de materiales de PVC de media pulgada tal como se muestra en la siguiente figura.

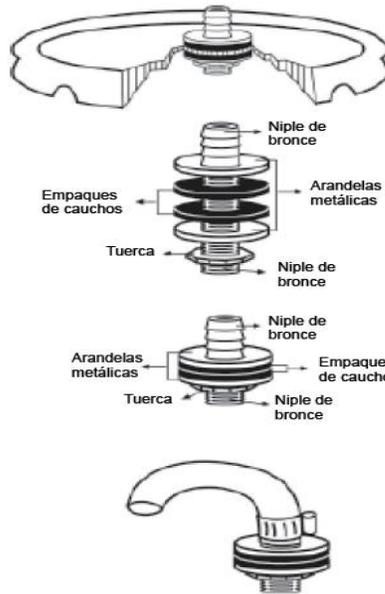
Figura 8: Válvula y empaques de PVC.



Fuente: Restrepo 2007.

C. Un pedazo de manguera de más o menos un metro de largo y de 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro, acoplada al niple con una abrazadera metálica, la cual es la encargada de evacuar los gases que se forman durante el proceso de la fermentación, en el tanque o barril plástico se ve en la figura siguiente.

Figura 9: Válvula y tapa del biodigestor.



Válvula metálica de 7 cm de largo  
3/8 a 1/2 de pulgada de diámetro

Fuente: Restrepo 2007.

D. Una botella de plástico desechable de uno a dos litros de capacidad, donde irá un extremo de la manguera para evacuar los gases.

Figura 10: Botella para evacuar los gases del Biodigestor.



Fuente: Restrepo 2007.

### **Componentes y cantidades recomendadas para recipientes de 200 litros**

Los componentes bases de la fermentación en los biodigestores son 2 tanto Abecerraje (1984) así como Restrepo lo confirman los básicos son estiércol y agua, sin embargo actualmente agregan melaza, leche o suero y cenizas con la

finalidad de acelerar el enriquecer el fertilizante y acelerar el proceso tal como lo describe Restrepo.

**El estiércol de vaca:** Tiene principalmente la función de aportar los ingredientes vivos (microorganismos) para que ocurra la fermentación del biofertilizante. Por otro lado, la mierda de vaca contiene una gran cantidad diversificada de microorganismos muy importantes para dar inicio a la fermentación del biopreparado, entre los cuales se destaca el *Bacillus subtilis*.

**El agua:** Tiene la función de facilitar el medio líquido donde se multiplican todas las reacciones bioenergéticas y químicas de la fermentación anaeróbica del biofertilizante. Es importante resaltar que muchos microorganismos presentes en la fermentación, tales como levaduras y bacterias, viven más uniformemente en la masa líquida, donde al mismo tiempo, los productos sintetizados como enzimas, vitaminas, péptidos, promotores de crecimiento, etc., se transfieren más fácilmente.

**La ceniza:** Su principal función es proporcionar minerales y elementos trazas al biofertilizante para activar y enriquecer la fermentación.

**La melaza:** La principal función es aportar la energía necesaria para activar el metabolismo microbiológico, para que el proceso de fermentación se potencialice.

**La leche:** Principalmente tiene la función de reavivar el biopreparado, de la misma forma que lo hace la melaza; aporta proteínas, vitaminas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos que se generan durante el periodo de la fermentación del biofertilizante, al mismo tiempo les permite el medio propicio para la reproducción de la microbiología de la fermentación.

Cuadro 9: Componentes y cantidades recomendadas para el biodigestor.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidades</b>
<b>Agua</b>	180 litros
<b>Leche (o suero)</b>	2 ( 04 ) litros
<b>Melaza (o jugo de caña)</b>	2 ( 04 ) litros
<b>Estiércol fresco de vaca</b>	50 kilos
<b>Ceniza de leña</b>	3 a 5 kilos
<b>Sales minerales(son opcionales)</b>	De acuerdo con las exigencias y las recomendaciones para cada cultivo, cuando disponemos de la información. También pueden sustituirse por 3 a 4 kilos de harina de rocas molidas. Entre más diversas las rocas que se muelan mayor será el resultado final del biofertilizante.

Fuente: Restrepo 2007.

### **Proceso de elaboración del biofertilizante**

**1er. Paso.** En el recipiente plástico de 200 litros de capacidad, disolver en 100 litros de agua no contaminada los 50 kilos de mierda fresca de vaca, los 4 kilos de ceniza, y revolverlos hasta lograr una mezcla homogénea.

**2do. Paso.** Disolver en la cubeta plástica, 10 litros de agua no contaminada, los 2 litros de leche cruda ó 4 litros de suero con los 2 litros de melaza y agregarlos en el recipiente plástico de 200 litros de capacidad donde se encuentra la mierda de vaca disuelta con la ceniza y revolverlos constantemente

**3er. Paso.** Completar el volumen total del recipiente plástico que contiene todos los ingredientes, con agua limpia, hasta 180 litros de su capacidad y revolverlo.

**4to. Paso.** Tapar herméticamente el recipiente para el inicio de la fermentación anaeróbica del biofertilizante y conectarle el sistema de la evacuación de gases con la manguera.

**5to. Paso.** Colocar el recipiente que contiene la mezcla a reposar a la sombra a temperatura ambiente, protegido del sol y las lluvias. La temperatura ideal sería la del rumen de los animales poligástricos como las vacas, más o menos 38 °C a 40 °C.

**6to. Paso.** Esperar un tiempo mínimo de 20 a 30 días de fermentación anaeróbica, para luego abrirlo y verificar su calidad por el olor y el color, antes de pasar a usarlo. No debe presentar olor a putrefacción, ni ser de color azul violeta.

El olor característico debe ser el de fermentación, de lo contrario tendríamos que descartarlo. En lugares muy fríos el tiempo de la fermentación puede llevar de 60 hasta 90 días.

El tiempo que demora la fermentación de los biofertilizantes es variado y depende en cierta manera de la habilidad, de las ganas de inversión de cada productor, de la cantidad que se necesita y del tipo de biofertilizante que se desea preparar para cada cultivo (si es enriquecido o no con sales minerales).

Para tener una idea: El biofertilizante más sencillo de preparar y fermentar es el que se demora para estar listo, entre 20 a 30 días de fermentación.

Sin embargo, para preparar biofertilizantes enriquecidos con sales minerales podemos demorar de 35 hasta 45 días<sup>11</sup>.

Aspectos o parámetros para verificar el estado del biofertilizante observar para verificar la calidad de los biofertilizantes fermentados a base de mierda fresca de vaca:

- **El olor:** Al abrir el tanque fermentador no debe haber malos olores (putrefacción). La tendencia es que entre más dejemos fermentar y añejar el

---

<sup>11</sup> RESTREPO, Jairo. (2007). **Manual Práctico El A, B, C de la Agricultura Orgánica y Harina de Rocas.** Managua. Simas.

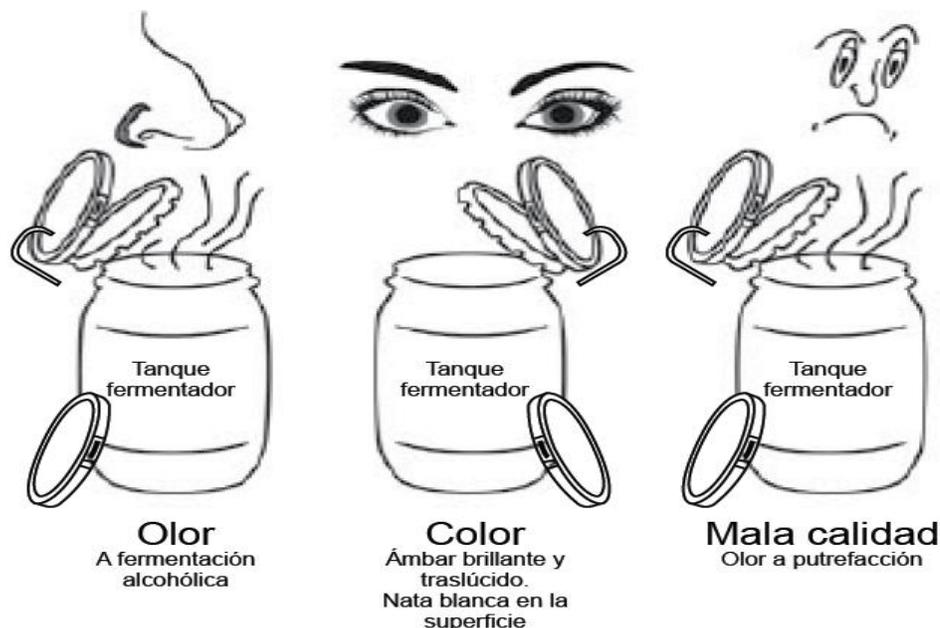
biofertilizante, éste será de mejor calidad y desprenderá un olor agradable de fermentación alcohólica y se conservará por más tiempo.

• **El color:** Al abrir el tanque fermentador, el biofertilizante puede presentar las siguientes características o una de ellas:

Formación de una nata blanca en la superficie, entre más añejo el biofertilizante, más blanca será la nata, el contenido líquido será de un color ámbar brillante y traslúcido y en el fondo se debe encontrar algún sedimento. Cuando los biofertilizantes no están bien maduros o sea, que no se han dejado añejar por mucho tiempo, la nata superficial, regularmente es de color verde espuma y el líquido es de color verde turbio, esto no quiere decir que el biopreparado no sirva, sino, que cuando lo comparamos con el más añejo, este último (el añejo) es de mejor calidad, inclusive siendo más estable para su almacenamiento.

Los biofertilizantes serán de mala calidad cuando tengan un olor a putrefacto y la espuma que se forma en la superficie tienda hacia un color verde azulado y oscuro, entonces es mejor descartarlo como se muestra a continuación.

Figura 11: Parámetros de verificación del estado del biofertilizante.



Fuente: Restrepo 2007.

### Su uso en los cultivos

Los biofertilizantes sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas y la salud de los animales, al mismo tiempo que sirven para estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades. Por otro lado, sirven para sustituir los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria, los cuales son muy caros y vuelven dependientes a los campesinos, haciéndolos cada vez más pobres Restrepo, 2007.

### Mezcla para la aplicación en los cultivos

Una forma muy general según Restrepo recomienda este biofertilizante es para los lugares donde hay dificultades en conseguir los materiales para preparar los biofertilizantes enriquecidos con sales minerales. También se recomienda para ser aplicado en suelos y de una determinada nutrición. La concentración de su aplicación en tratamientos foliares es del 5% al 10 %, o sea, se aplican de 5 a 10 litros del biopreparado para cada 100 litros de agua que se apliquen sobre los cultivos. No se debe olvidar colar el biofertilizante antes de aplicarlo. Otra medida para la aplicación es la de utilizar de 1 a 1 ½ litros del biofertilizante por cada bomba de 20 litros de capacidad como se muestra en la figura.

Figura 12: Concentración general en tratamientos foliares.



Fuente: Restrepo 2007.

## CAPITULO V

### ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en la ex-hacienda de Buenavista, al sur de la ciudad de Saltillo, a 10 kilómetros por la carretera a Zacatecas, entre los paralelos 25° 22' y 25° 21' de latitud norte y los meridianos 101° 01' y 101° 03' de longitud Oeste; con una altura de 1754 m. s. n. m.

#### **Condiciones climáticas del sitio experimental**

Las condiciones en las que se llevo a cabo la fermentación anaeróbica de los digestores fueron a la sombra a temperatura ambiente en un rango de entre 25 y 48 días, las temperaturas medias en las que fermento el estiércol fueron las siguientes.<sup>12</sup>

Febrero: 18.9 °C

Marzo: 17.5 °C

Abril: 21 °C

#### **Tratamientos**

La investigación se llevo a cabo en dos etapas

1.- la primera fue la fermentación se realizo en las la parte sur este de la universidad procesos que se realizó al aire libre a temperatura ambiente los materiales utilizados son:

- ✚ 3 cubetas iguales de 20 litros con tapa
- ✚ Tres mangueras de 1 metro de largo
- ✚ Bolsas de polietileno
- ✚ 3 botellas con agua de ½ litro

---

<sup>12</sup>Comisión Nacional del Agua (2011). Estación: Observatorio.

- + plastilina
- + Estiércol de cabras
- + agua
- + Melaza
- + Leche
- + Ceniza de leña
- + Recipiente de 1 litro

Los tratamientos preparados fueron tres donde los compuestos utilizados en cada uno fueron los mismos: estiércol caprino, agua, ceniza, melaza y leche. Lo que vario fue el porcentaje de dos componentes que son practicante la fuente de nuestro biofertilizante, del que se cambio el volumen de agua en 25%-50% y 75%, así como en el otro compuesto fue el estiércol con los mismos porcentos esta vez opuestos con la finalidad de obtener el tratamiento #1 más liquido, el tratamiento #2 la misma proporción tanto liquida como solida y el tratamiento #3 obtener un biofermentado más sólido. Como se muestra en las tablas 10 y 11.

Cuadro 10: Porcentajes calculados en relación al volumen del recipiente

	Porcentajes calculados en relación al volumen del recipiente				
<b>Tratamiento</b>	Estiércol	Agua	Ceniza	Melaza	leche
<b>t-1</b>	25%	75%	4%	1.1%	1.1%
<b>t-2</b>	50%	50%	4%	1.1%	1.1%
<b>t-3</b>	75%	25%	4%	1.1%	1.1%

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 11: Pesos y volumen usados en cada tratamiento

Cantidades usadas	Tratamientos en relación volumen del recipiente		
	T-1	T-2	T-3
<b>Estiércol peso/volumen</b>	0.950 Kg=7cm	1.900 Kg=14cm	3.050 kg=21cm <sup>3</sup>
<b>Agua</b>	14 lit.	10 lit.	8 lit.
<b>Ceniza</b>	0.500 kg	0.500 kg	0.500 kg
<b>Melaza</b>	0.2 lt.	0.2 lt.	0.2 lt.
<b>Leche</b>	0.2 lt.	0.2 lt.	0.2 lt.

Fuente: elaboración propia.

### Características del estiércol

Para la elaboración de los biodigestores se utilizó estiércol de cabras del hato propiedad de la universidad, se empleó el estiércol más fresco de aproximadamente ocho días, ubicado en un corral donde está todo el hato de todas las edades el sistema de producción es semi-estabulado, ya que los sacan a pastar en un área dentro de la universidad de 9.00 am. A 2.00 pm. donde la vegetación del área está formada por matorral bajo de Mimosa biuncifera, Mimosa zyghophylla y Rhus microphylla, con elementos importantes como Opuntia imbricata, Opuntia leptocaulis, entre otros (Villareal, 1983). Esta alimentación de pastoreo es completada con rastrojo de maíz pacas de alfalfa y avena forrajera sin dieta, sólo las alimentan según el volumen que consumen diario.

### Proceso de elaboración de los biodigestores

**1er. Paso.** En el recipiente plástico de 20 litros de capacidad, disolvimos en 10 litros de agua no contaminada los 950 gr de estiércol de cabras del más fresco posible aunque en realidad esta revuelto con el que ya tiene varios días, posteriormente se agregamos 200 mililitros de melaza líquida, posteriormente 200 mililitros de leche bronca de vaca; en seguida los 500 gr de ceniza de leña y revolvimos hasta lograr una mezcla homogénea.

**2do. Paso.** Una vez disuelto todos los elementos, los mezclamos por 5 a 10 minutos y luego aforamos hasta los 28 cm de altura que representa el 80% del recipiente.

**3er. paso.** Tapamos herméticamente el recipiente para el iniciar la fermentación anaeróbica del biofertilizante y conectamos el sistema de la evacuación de gases con la manguera (que es una botella de ½ litro de agua sin tapa), como se muestra en la figura.

**4to. Paso.** Colocamos los recipientes que contenía la mezcla a reposar a la sombra a temperatura ambiente, protegiéndolas del sol y las lluvias. La temperatura media de los 3 meses se mantuvo en 19 °C.

**5to. Paso.** Esperamos un lapso que de acuerdo al tratamiento los días el número de días fueron los siguientes:

Cuadro 12: Días de fermentación anaeróbica

Tratamientos	Fecha de fermentación		Número de días
	Inicio	Finalizo	
T-1	26-Feb-2011	04-Abr-2011	37
T-2	26-Feb-2011	23-Mar-2011	25
T-3	11-Mar-2011	28-Abr-2011	49

Fuente: elaboración propia.

2.- La segunda etapa se realizo en el laboratorio de suelos de la Universidad donde se determino la cantidad de elementos nutrientes en los tres tratamientos.

**La dosis de fertilización que recomienda INIFAP con fuentes químicas es:** Química: 100-60-00, utilizando como fuentes Urea y superfosfato de calcio triple. Aplicar la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno se aplica en la segunda labor.

Cuadro 13: Formula requerida en kilogramos por hectárea para la región.

<b>Nitrógeno (N)</b>	<b>Fosforo (P)</b>	<b>Potasio (K)</b>
<b>100</b>	<b>60</b>	<b>00</b>

Fuente: INIFAP, 2007.

Biológica: aplicar a la semilla de 500 a 1000 gr de biofertilizante (*micorriza glomus*) por hectárea; si el producto contiene al menos 40 esporas por gr de suelo aplicar 500 gr de biofertilizante. Si tiene menos de 40 esporas por gr de suelo aplicar 1000 gr de biofertilizante.

Considerando la naturaleza del experimento y la propuesta para mejorar las condiciones de vida de los productores del área de Tehuacán, Puebla debemos hacer las siguientes consideraciones:

Según Investigaciones realizadas por el INIFAP en el 2007 en coordinación con SAGARPA emiten paquetes tecnológicos donde recomiendan lo siguiente para la región de Tehuacán en el estado de Puebla<sup>13</sup>, que es donde se enfoca nuestra investigación.

Cuadro 14: Ficha básica del cultivo en la región de Tehuacán.

<b>CONCEPTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Características del área	Altitud: de 800 a 1800 msnm , temperatura media anual de 18 °C y precipitación media anual de 600 mm
Preparación del terreno	Barbecho, Rastreo y Nivelación.
Variedades	H-137, H-139, H-30, H-34, H-33, H-40, H-48 y H-50
Siembra	Distancia entre surcos 85 cm

<sup>13</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (2007) y La Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Agricultura. **Paquetes Tecnológicos para Maíz de Temporal (Ciclo Agrícola Primavera-Verano) para condiciones de Alto, Medio y Bajo Potencial Productivo.** México, D.F.: Autor.

Fecha de siembra	Del 10. de marzo al 10 de abril.
Fertilización	<p>Química: 100-60-00, utilizando como fuentes Urea y superfosfato de calcio triple. Aplicar la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno se aplica en la segunda labor.</p> <p>Biológica: aplicar a la semilla de 500 a 1000 gr de biofertilizante (<i>micorriza glomus</i>) por hectárea; si el producto contiene al menos 40 esporas por gr de suelo aplicar 500 gr de biofertilizante. Si tiene menos de 40 esporas por gr de suelo aplicar 1000 gr de biofertilizante.</p>
N° de cultivos	Dos, el primero a los 20 días después de la germinación y el segundo a los 30 días después del primero.
Control de maleza	<p>Pre emergente, 1 kg de Atrazina, la aplicación se realiza 2 a 3 días después de la siembra.</p> <p>Pos emergente, aplicar 1 kg de Atrazina más 1 litro de 2-4 D amina, después de la segunda labor de cultivo.</p>
Control de plagas y enfermedades	<p>Plagas del suelo: Aplicar mezclado con el fertilizante 12 kilogramos de Carbofuran. Para el control de plagas del follaje como araña roja, aplicar 0.5 litros de propargite 1-1.5 L por hectárea en 200 litros de agua. Para el control de frailecillo, picudo de la hoja, chicharritas y pulgones aplicar un litro de paratión metílico o un litro de malatión en 200 litros de agua por hectárea.</p>
Cosecha	Si la cosecha se realiza en forma manual, cuando el cultivo alcanza la madurez fisiológica, se siegan las plantas a 20 centímetros del suelo y se forman "gavillas" ó "mogotes", la pizca de las mazorcas se realiza cuando el grano está seco (14% de humedad), y si aún está húmedo, las mazorcas deben

	<p>asolearse durante tres ó cuatro días antes de almacenar en la troje. En caso de que la cosecha sea mecanizada, es necesario que el grano se seque en la planta sin tumbar, y cuando el grano tenga un 14% de humedad se procede a cosecharlo.</p>
--	--

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2007)

### **Principales Razas Criadas en Puebla**

**Saanen**, esta raza deriva su nombre del valle de Saanen. Cuenta con muy buena aceptación entre los productores por su gran capacidad para producir leche; el promedio de lactación en zonas templadas con buen manejo, es de 880 a 900 L en periodos de lactancia de 275 a 300 días, con un porcentaje de grasa de 3.5 a 4%. Con alzas de 81 cm en hembras y 94 cm en machos; el color predominante de esta raza fluctúa del blanco hasta el blanco cremoso, orejas erectas, pelo corto y liso y por lo general sin cuernos; tanto la hembra como el macho presentan barba.

**Alpina**, esta raza está formada por una serie de variedades entre ellas la británica, la Rock, la Suiza y la Franco – Alpina. Es originaria de la zona Suiza – Francesa.

La raza alpina presenta un cuello esbelto, cuernos, orejas erectas, pelo corto y de diferentes colores, que van desde varias combinaciones de blanco y negro pasando por tonalidades crema y pardo amarillento hasta el pardo rojizo; puede o no tener barba. Se ubica como segundo lugar en la escala de producción de leche; la producción promedio de leche fluctúa entre los 675 a 900 L en un periodo de lactancia de 250 a 300 días.

La raza alpina es rústica y se puede adaptar a diversos climas manteniendo siempre una buena salud y producción. Presenta una alzada de mediana a grande; con un peso promedio de 77 kg los machos y 57 kg las hembras.

**Toggenburg.** Originaria del valle suizo que lleva su nombre, ubicado en el noreste de ese país y es considerada como la raza más antigua. Su altura promedio es menor que la de las otras razas de importancia económica y se destaca por su rusticidad y adaptabilidad a todo tipo de climas.

El color típico es el marrón con franjas blancas a cada lado de la cara; sus patas son blancas, así como la cara interna de los muslos y la parte inferior de la cola; son de pelo corto y orejas erectas; presenta o no cuernos, son excelentes lecheras con producciones promedio de 3 L diarios, con un contenido graso de 3.7%, Esta raza es compacta y robusta con un peso promedio de 55 kg la alzada de las hebras adultas es de 79 cm y la de los machos, 90 cm.

**Boer.** Son animales originarios de Sudáfrica que se consideran de carne. Se originaron mediante el cruzamiento de ejemplares nativos con caprinos europeos y asiáticos. La raza Boer tiene un alto índice de crecimiento, buena conformación de la canal y alta fertilidad. Son animales grandes; los machos adultos pueden llegar a pesar entre 110 y 135 kg y las hembras entre 90 y 100 kg. Con un buen manejo se pueden lograr ganancias de 150 a 200 g diarios; los machos alcanzan la pubertad a los 6 meses y las hembras lo hacen entre los 10 y los 12 meses.

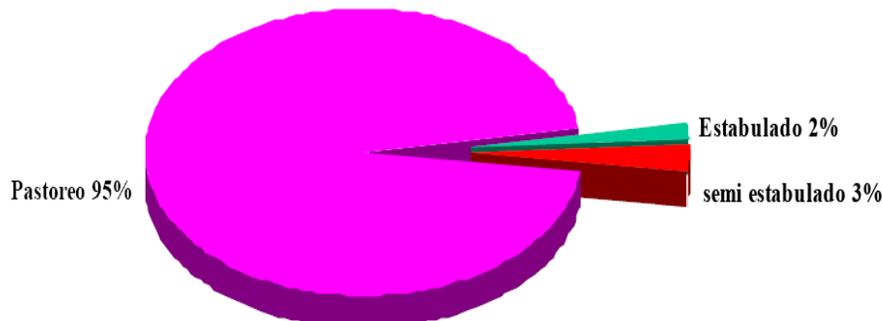
**Criollo.** Se llama criollo a todo caprino descendiente del ganado traído por los españoles a América a partir de 1493. Estos animales tienen una gran variedad de colores; ubre de diferentes formas; entre los machos predominan los animales con cuernos y las hembras pueden o no tenerlos; su producción láctea es baja de 159 a 300 L/año; y el peso promedio de los machos es de 35 a 50 kg y el de las hembras de 25 a 35 kg.

Después de siglos de crianza el ganado criollo, mediante una selección natural, se ha adaptado perfectamente a las diversas regiones del Estado. (SDR; Puebla, 2007)

### Tipo de explotación Caprina en Puebla

Según datos de la FAO, el sistema ganadero caprino que más se explotado en el estado de Puebla es de pastoreo tal como se muestra en la siguiente grafica.

Figura 13: Los tipos de explotación en Puebla.

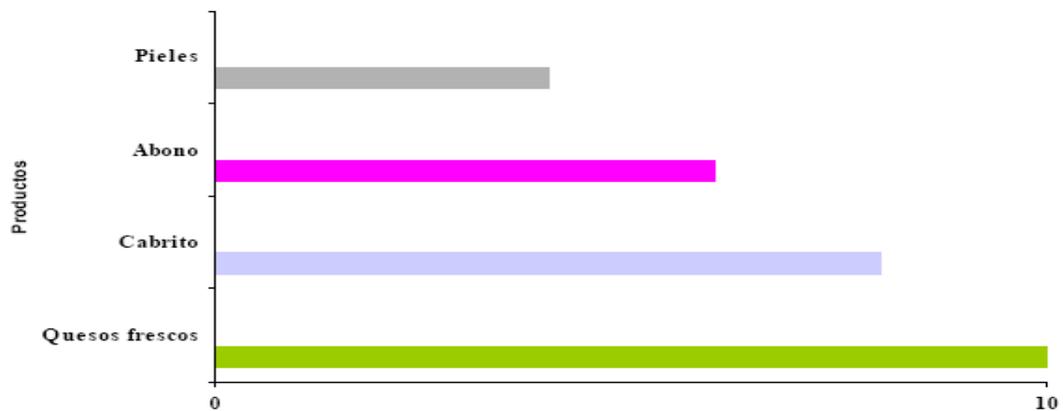


Fuente: FAO 2007

### Productos aprovechables de las cabras en Puebla

Un diagnóstico que realizó la FAO muestra que en el estado principalmente es utilizada esta especie en la producción de leche para elaborar quesos, el aprovechamiento de los cabritos, pero también retoma importancia el estiércol de estas como se muestra en la gráfica.

Figura 14: Productos de caprinos en orden de importancia.



Fuente: FAO 2007

## CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que se leen a continuación se obtuvieron en laboratorio en escala de concentración partes por millón (ppm), posteriormente se convirtieron a por ciento para facilitar el cálculo de fertilización. El porcentaje de la concentración de nutrientes y propiedades obtenidos de los tres tratamientos analizados se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 15: Porcentaje de nutrientes y propiedades obtenidos de los 3 tratamientos analizados

Tratamientos	% de elementos nutrientes			propiedades		Número de días de fermentación del biofertilizante
	Nitrógeno N	Fosforo P	Potasio K	p.H.	C.E.	
<b>T-1</b>	2.77	0.0049	1.04	7.6	3.26	37
<b>T-1-L</b>	0.00	0.0016	0.392	6.2	22.4	37
<b>T-2</b>	2.58	0.0124	2.20	8.1	6.39	25
<b>T-2-L</b>	0.00	0.0018	0.619	6.1	21.7	25
<b>T-3</b>	2.92	0.0127	1.67	7.6	7.43	49

Fuente: Elaboración propia.

Donde podemos ver que los tres tratamientos tiene un buen porcentaje de nitrógeno(N) arriba del 2%, solamente en la parte sólida, ya que en las partes líquidas analizadas, no se encontró nitrógeno.

De igual manera se observa con el caso de fosforo (P) la cantidad que tiene es muy baja, siendo el tratamiento #2 el que tiene en mayor concentración, con un conteo no mayor del 0.01%, aunque en muy pequeñas cantidades está presente tanto en la parte sólida, como en la parte líquida de todos los tratamientos.

Por otro lado podemos ver que el Potasio (K), también se encontró en un buen porcentaje aunque con mayor concentración en la parte solida del tratamiento

#2 que fue de 2.2%, aunque la parte líquida también se encuentra en concentraciones bajas no mayores del 0.6%.

Así como el número de días del tratamiento #2 fue que el mejor se comporto en relación al tiempo de fermentación con un proceso de 25 días.

### **Costo de la fertilización química recomendada por el INIFAP**

Los costos de fertilización se calcularon en relación a los precios por tonelada que se comercializa en el estado con datos obtenidos del SIAP, donde proporciona el precio por tonelada de cada fertilizante de este año. Los kilogramos calculados de la fuente se obtuvieron en relación del requerimiento del cultivo según INIFAP y al ingrediente activo de cada fertilizante, el costo real requerido se obtiene de del total de ingrediente activo que vamos a usar. Tal como se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 16: Costos calculados para el requerimiento con fuente química

Fuentes usadas en la región	Kilogramos calculados de la fuente			Costo por tonelada	Costo real requerido
	N	P	K	\$	\$
<b>Superfosfato triple (00-46-00)</b>	00	217.5	00	6,060.00	1,318.05
<b>Urea(46-00-00)</b>	217.5	00	00	5,640.00	1,226.70
<b>Costo total requerido</b>					<b>2,544.75</b>

Fuente: elaboración propia, 2011.

### **Costo de la fertilización con fertilizante anaeróbico caprino**

Los costos de producción del 1 kg de biofertilizante se calcularon solamente en base al costo de los materiales utilizados más las porciones de ingredientes que se le aplican, sin tomar en cuenta la concentración de los elementos. Para hacer el costo real requerido si se tomo en cuenta la concentración que se encuentran los elementos e igualarlos a la cantidad que recomienda en INIFAP motivo por el cual en la tabla encontramos una diferencia significativa entre

costo por tonelada y costo real, donde en el costo real es el la cantidad que vamos realmente a invertir si queremos aplicar 100 kg de nitrógeno orgánico a nuestro cultivo.

Cuadro 17: Costos calculados para el requerimiento de maíz (100-60-00) con el biofertilizante anaeróbico

Fuentes usadas en la región	Kilogramos calculados de la fuente			Costo por tonelada	Costo real requerido
Fuente	N	P	K	\$	\$
Biofertilizante anaeróbico	3424	3424	3424	1590.00	5444
Biofertilizante anaeróbico		Poco cuantificable	No requiere		
<b>Costo total requerido</b>					<b>5444</b>

Fuente: elaboración propia, 2011

Los costos que se desglosan en los cuadros 16 y 17 fueron calculados no en el costo de producción de un kilogramo de cada uno, sino más bien lo que cuesta realmente un kilogramo del elemento en relación a la concentración en la que esté disponible el elemento y en el tipo de fuente ya sea orgánica o química.

Cuadro 18: Costo desglosado por macro elementos de las 2 fuentes.

Elementos	Fertilización Orgánica	Costo por kilogramo \$	Fertilización Química	Costo por kilogramo \$
	Fuente utilizada		Fuente utilizada	
<b>N</b>	biofertilizante anaeróbico caprino	46.3	Urea(46-00-00)	12.267
<b>P</b>	biofertilizante anaeróbico caprino	Es pobre	Superfosfato triple(00-46-00)	13.180
<b>K</b>	biofertilizante anaeróbico caprino	61.4	Nada	00.00

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro número 18 podemos ver que el costo de producción de un kilogramo de biofertilizante es mucho más económico que cualquiera de las fuentes químicas, sin tomar en cuenta la concentración de macro y micro elementos que estos contengan.

Cuadro 19: Costos por kilogramo de fertilizantes químicos y orgánicos.

<b>Fuente</b>	<b>Producto</b>	<b>Precio/kg \$</b>	<b>Precio/Tonelada \$</b>
<b>Fertilizante Químico</b>	Complejo npk triple 17(17-17-17)	6.54	6,540.00
	Fosfato diamónico(18-46-00)	8.64	8,640.00
	Superfosfato triple(00-46-00)	6.06	6,060.00
	Urea(46-00-00)	5.64	5,640.00
<b>Fertilizante orgánico</b>	Biofertilizante Caprino	<b>1.59</b>	<b>1,590.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo, a la hipótesis planteada al inicio se cumple, como se puede verificar en cuadro número 18, pues producir un kilogramo de biofertilizante caprino cuesta, desde el punto de vista económico y ecológico, menos que un kilogramo de urea que es la fuente de fertilización química más económica, y más frecuentemente usada por los productores de las zonas rurales del municipio de Tehuacán.

De acuerdo a la metodología utilizada, el fertilizante anaeróbico a base de estiércol de caprino, es de fácil de elaboración, ya que una sola persona puede hacerlos, así como el tiempo que se le invierte es poco, comparado con otras fuentes orgánicas.

En comparación a estándares de otras fuentes orgánicas, el contenido de macro nutrientes que se obtuvo en los tres tratamientos es muy bueno, es en la parte sólida del biofermentado, donde los hallamos en mayor concentración que en él los líquidos; en nitrógeno todos los tratamientos contienen arriba del 2.5% y en potasio todos superior al 1% y la mayor concentración de fósforo fue de 0.0127%, en el tratamiento #3.

Respecto a los objetivos planteados, el tratamiento tres se seleccionó como el mejor, por ser el que contiene más nitrógeno, uno de los macro nutrientes que se requiere en cantidades mayores.

Como se observa en los resultados del biofertilizante, se puede hacer una dosis de recomendación para maíz en las zonas rurales del municipio de Tehuacán, ya que el porcentaje de macro y micro nutrientes que estos puedan aportar al suelo es muy bueno, cuando sabemos que los productores no fertilizan o lo hacen de forma ocasional, trayendo más resultados positivos al hacer un mejor uso del estiércol de cabras, reduciendo la cantidad así la cantidad de gases

que emiten a la atmosfera y los malos olores que emiten al medio ambiente, contribuyendo a disminuir el impacto que tiene la agricultura en el ambiente.

Podemos concluir por tanto que: la fertilización con biofermentados anaeróbicos a base de estiércol de caprino, constituye una fuente de fertilización orgánica viable desde el punto de vista económico y ecológico para los productores de las zonas rurales del municipio de Tehuacán que no fertilizan.

Por otro lado si comparamos los beneficios de la aplicación de biofermentados largo plazo trae consigo un sin número de beneficios para el suelo y medio ambiente, mejorando las propiedades químicas y físicas del suelo además agregando grandes cantidades de micro fauna benéfica que ayudan a bajar el ataque de enfermedades, que posteriormente se verán reflejados tanto en la producción como en la reducción de costos.

Por el contrario si analizamos las consecuencias que a corto y largo plazo traen los fertilizantes químicos como: la salinidad de los suelos, contaminación de mantos freáticos, volatilización de gases amoniacales e incremento de los costos de producción; así como problemática social ya que estos fertilizantes hacen cada vez dependientes a los productores.

## RECOMENDACIONES

Si bien el biofertilizante es una alternativa de fertilización en maíz para la región de Tehuacán para los productores que no realizan esta práctica, esta fuente puede usarse para otros cultivos, así como al mismo tiempo puede complementarse con la fertilización química para bajar los costos de producción y contrarresta los efectos nocivos de esta.

En la producción del biofertilizante se recomienda omitir melaza y leche en caso de que tenga que comprarse, ya que los costos de producción de los biofermentados bajarán proporcionalmente de 70% a 95% sin cambiar tanto sus propiedades químicas debido a que estos dos compuestos, son para acelerar el proceso de digestión.

Aún cuando se han realizado pruebas de producción y aplicación de fertilización con biofertilizante anaeróbico de vacunos la promoción del método es poco conocida y aplicada. En el tratamiento de heces de caprinos y otras especies el aprovechamiento de biofertilizante anaeróbico es poco utilizado en nuestro país, si bien sabemos que la técnica no es nueva, ha tenido poca o nula difusión entre los programas y proyectos enfocados al agro.

Por lo tanto este documento tiene la finalidad proponer una alternativa de desarrollo al proporcionar las herramientas a los técnicos, estudiantes y campesinos para poder producir sus propios fertilizantes y al mismo tiempo sembrar el deseo para la implementación de más estudios enfocados a los biofertilizantes anaeróbicos de diferentes especies y los resultados que estos pueden tener en la producción del campo Mexicano.

## BIBLIOGRAFIA

ABECERRAJE, Felipe. (1984) Respuesta del frijol (*Phaseolus Vulgaris*) bajo condiciones de riego al fertilizante líquido obtenido por biodegradación anaeróbica del estiércol de bovino en la región de Derramadero, Coahuila. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. p.32-33.

ACOSTA Alejandro B. (1993). Influencia del Biofertilizante (BALEB) vía Foliar Sobre Parámetros de Calidad en Rosal Cv. Madame Delbard bajo condiciones del Invernadero. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México.

BEJARANO, Carlos A. y Restrepo Jairo. (2002). **Abonos Orgánicos, Fermentados Tipo Bocashi, Caldos Minerales y Biofertilizantes**. Santiago de Cali. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. (pp- 27, 28, 29,30).

Castellanos J. Z., Uvalle J.X. y Aguilar A. (2000). **Manual de interpretación de Análisis de Suelos, Aguas, ECP. Segunda Edición**. Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo. (pp. 53-56)

COLQUE, Tomás. et al. (2005). **Producción de Biol Abono Líquido Natural y Ecológico**. Lima Perú. Illpa-Puno. (pp. 6-15).

CRUZ, Sergio. (1986). **Abonos Orgánicos**. México. Universidad Autónoma Chapingo. (pp.8, 15).

DECARA, L.; Sandoval, G. y Funes, C. (2004). **El uso de Biodigestores en Sistemas Caprinos de La Provincia de Córdoba**. Trabajo presentado en el

marco del 27° Congreso Argentino de Producción Animal, Octubre, Tandil, Argentina.

Cultura Ecológica, A.C. (2001) **Resumen Ejecutivo del Programa para el Desarrollo Regional Sustentable de Tehuacán – Cuicatlán**. Disponible en: <http://148.206.53.231/bdcdrom/GAM06/GAMV15/root/docs/PRG-033.PDF>

Ecología y producción para el desarrollo sustentable, S. C. (2007.) **Diagnóstico Social y Diseño de Estrategia Operativa para la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán**. *Disponible en:* [http://comunidades.imacmexico.org/c6/IMG/pdf/Paginas\\_66-86\\_teh.pdf](http://comunidades.imacmexico.org/c6/IMG/pdf/Paginas_66-86_teh.pdf).

Ecología y producción para el desarrollo sustentable, S. C. (2007). **Diagnóstico Social y Diseño de Estrategia Operativa para la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán**. *Disponible en:* [http://comunidades.imacmexico.org/c6/IMG/pdf/Paginas\\_17-35\\_teh.pdf](http://comunidades.imacmexico.org/c6/IMG/pdf/Paginas_17-35_teh.pdf).

Equipo Técnico del Programa de Campesino a Campesino (2008). **Preparando y Usando Biofertilizantes Orgánicos**. San Salvador, El Salvador: Autor. (p.2).

FERNÁNDEZ, Mercé. (2008). **Fertilizantes y Contaminantes, un Círculo Vicioso La Contaminación Acumulada en el Suelo Amenaza la Agricultura Sostenible**. Recuperado el 11 de febrero de 2011. Disponible en: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2008/04/02/175872.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2008/04/02/175872.php)

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, (2009). **El Mercado de los Fertilizantes en México: Situación Actual y Perspectivas 2009**. Disponible en: <http://www.fira.gob.mx>.

FLORES, J.P. (2007). **Uso de Biosólidos y Estiércoles en la Nutrición Vegetal**. Trabajo Presentado en el segundo simposio de “Nutrición Vegetal” como parte del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, septiembre, León, Guanajuato. (pp.2-3).

Villareal José A. (1983). **Malezas de Buenavista Coahuila**. Saltillo, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (p.2-4).

Mcmurry J. y Fay R. (2009). **Química General. Quinta edición**. Estado de Mexico. Pearson Educación. (pp. 405-406)

LUDWICK Albert E. et al, (2004). **Manual de Fertilizantes para Horticultura**. México D.F., Limusa. (p.103).

LESUR, Luis. (2006). **Manual de Fertilización y Productividad del Suelo Agrícola**. México, Editorial Trillas. (pp-43).

MCKEE, Trudy y MCKEE, James R. (2009). **Bioquímica las Bases Moleculares de la Vida**. México D.F., Editorial McGraw-Hill. (pp-308).

RESTREPO, Jairo. (2007). **Manual Práctico El A, B, C de la Agricultura Orgánica y Harina de Rocas**. Managua. Simas.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. En <http://www.pnuma.org>. Consultado el 16 de mayo de 2008.

Secretaría de Desarrollo Rural, (2007). **Manual de Producción y Paquete Tecnológico Caprino**. Puebla, Puebla: Autor. (pp-10, 11, 12,13).

SALGADO, Sergio y Núñez, Roberto et al. (2010). **Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos**. México D.F. Mundi Prensa. (pp.1, 27,115).

SOSA, Oscar. (2005). **Los Estiércoles y su Uso como Enmiendas Orgánicas**. En: Revista Agromensajes. Publicación cuatrimestral de la facultad de Ciencias Agrarias. Mayo 2005. [Revista electrónica]. Recuperada el 02 de febrero de 2011. Disponible en:

<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/16/7AM16.htm>.

ORMEÑO, M. A. y Ovalle A. (2007). **Preparación y Aplicación de Abonos Orgánicos**. En: Revista Científica Agronomía Tropical. Publicación Trimestral. Diciembre 2007. [Revista electrónica]. Recuperada el 02 de febrero de 2011. Disponible en: [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/inia\\_divulga/numero%2010/10ormeno\\_m.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%2010/10ormeno_m.pdf).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO y Gobierno del Estado de Puebla. (2008) **Proyecto Integral de Desarrollo y Capacitación Tecnológica para la Caprinocultura en el Estado de Puebla**. PROYECTO UTF/MEX/069/MEX

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (2007) y Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Agricultura. **Paquetes Tecnológicos para Maíz de Temporal (Ciclo Agrícola Primavera-Verano) para condiciones de Alto, Medio y Bajo Potencial Productivo**. México, D.F.: Autor.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2005). **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tehuacán, Puebla**. *Marco Geoestadístico Municipal, versión 3.1*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2011). **Producción, Precio, Valor y Peso de Ganado en Pie Y Carne en Canal de Caprino 2009.** Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2011). **Balanza de Importaciones.** México, D.F. Disponible en: [www.siap.mx](http://www.siap.mx)

Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. (2007). **Manual de Producción y Paquete Tecnológico Caprino.** Puebla: Autor.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2011). **Balanza de importaciones.** Disponible en [www.siap.com.mx](http://www.siap.com.mx).

La Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Agricultura, (2009). **Producción e Importación de maíz en México.** México, D.F.: Autor.

WIKIPEDIA. **El Municipio de Tehuacán** (2010). Recuperada el 24 de marzo de 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tehuac%C3%A1n>.

## ANEXOS

Tratamientos en concentración de partes por millón

Tratamientos	elementos nutrientes en ppm			Propiedades		Número de días de fermentación del biofertilizante
	N	P	K	p.H.	C.E.	
T-1	27,700	48.75	10,450	7.6	3.26	37
T-1-L	0.00	16.17	3920	6.2	22.4	=
T-2	25,800	124.5	22,000	8.1	6.39	25
T-2-L	0.00	17.60	6190	6.1	21.7	=
T-3	29,200	126.8	16,700	7.6	7.43	49

Tratamientos en concentración porcentual

Tratamientos	% de elementos nutrientes			propiedades		Número de días de fermentación del biofertilizante
	N	P	K	p.H.	C.E.	
T-1	2.77	0.0049	1.04	7.6	3.26	37
T-1-L	0.00	0.0016	0.392	6.2	22.4	=
T-2	2.58	0.0124	2.20	8.1	6.39	25
T-2-L	0.00	0.0018	0.619	6.1	21.7	=
T-3	2.92	0.0127	1.67	7.6	7.43	49

## Tratamientos utilizados

Cantidades usadas	Tratamientos en relación volumen producido y el costo					
	T-1	Costos	T-2	Costos	T-3	Costos
Estiércol peso/volumen	0.950 Kg=7cm	0.5	1.900 Kg=14cm	0.95	3.050 kg=21cm <sup>3</sup>	1.5
Agua	14 lt.	0.18	10 lit.	0.13	8 lt.	0.10
Ceniza	0.500 kg	0.0065	0.500 kg	0.0065	0.500 kg	0.0065
Melaza	0.2 lt.	0.60	0.2 lt.	0.60	0.2 lt.	0.60
Leche	0.2 lt.	1.20	0.2 lt.	1.20	0.2 lt.	1.20
Peso total	1450 gr		2400 gr		3550 gr	
Costo total	\$	2.30		2.89		3.41

## GALERIA DEL PROCESO





