

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOMÉDICAS E INGENIERÍAS



**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL ESTIÉRCOL Y SU MANEJO EN
EXPLOTACIONES DE LECHERÍA FAMILIAR DE LOS ALTOS DE JALISCO**

TESIS PRESENTADA POR

RODRIGO ISAÍ CORDERO JÁUREGUI

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN SISTEMAS PECUARIOS

DIRECTOR: M.C. Jaime Azael Rodríguez Carrillo

ASESOR: Dr. Hugo Ernesto Flores López

ASESOR: Dr. Uriel Figueroa Viramontes

Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Febrero del 2013.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL ESTIÉRCOL Y SU MANEJO EN
EXPLOTACIONES DE LECHERÍA FAMILIAR DE LOS ALTOS DE JALISCO

RODRIGO ISAI CORDERO JAUREGUI

Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Febrero del 2013.

DEDICATORIAS:

A MI MADRE: Quiero darte las gracias por todo el sacrificio que siempre realizaste para ver este momento, todo tu empeño, valor y entrega, para verme formado en una persona de provecho. Gracias por todo, solo quiero decirte, que a ti, te debo lo que ahora soy y quiero pedirte perdón por todo esos momentos duros y amargos que te he hecho pasar a lo largo de mi vida, y por todo eso, una disculpa y perdóname por todo, y darte una grata felicitación porque este trabajo y título es un reflejo de todo lo que has pasado por mí y aquí está reflejado todo tu esfuerzo, esto es solamente tuyo. GRACIAS A TI, MI MADRE.

A MI HERMANO MARIO: Gracias a ti, por todo, por la ayuda y sobre todo por ese carisma y entrega que tienes por ser el mejor y que me contagias para salir adelante y dar lo mejor cada día, dándome una enseñanza que siempre hay que dejar todo para lograr sus objetivos.

A MI HERMANA PAOLA: Pao que a pesar de estar tan lejos siempre has demostrado el gran valor y ese coraje para salir adelante y nunca darte por vencida, siempre has estado en mi corazón y a ese par de cositas Nathan y Jonathan que son mi fuente de inspiración para salir adelante, los q1ch.

A MI TIO GINE: Gracias por todo una y mil veces gracias por brindarme este apoyo, este trabajo es al igual tuyo siéntete orgullo de él, además de ser mi tío, mi padrino siempre te he tenido un respeto y admiración además de considerarte como un padre el cual no lo tengo y creo que nunca lo tuve, espero seguir algún día tu pasos para ser igual de grande como tú.

Gracias por todo y por seguir aun conmigo apoyándome no tengo palabras para agradecerte todo lo que has hecho por nosotros. GRACIAS.

RESUMEN

En México existen por el volumen aportado a la producción lechera cuatro cuencas: **La laguna** (Coahuila y Durango), **Tizayuxa** (Hidalgo), **Valle de México y las zonas aledañas al Distrito Federal** (Puebla y Estado de México), y **Los Altos Jalisco**.

Jalisco es el productor principal de leche en el país desde 1985. En un hato de 100 vacas en lactancia que producen 20 kg de leche por día, la cantidad de estiércol por día es de 5,500 a 6,000 kgs.

La producción de bovinos leche genera 14'559,930 kgs/día de estiércol en la zona de los Altos de Jalisco, cuyo manejo no es adecuado, el cual constituye una fuente de contaminación ambiental.

La acumulación de estiércol por tiempo indefinido degrada la cantidad de macro y micronutrientes aprovechables en el cultivo, incrementando o disminuyéndolos el **N, P, K**, y los microminerales como: **Sodio, Cobre, Manganeso, Magnesio, Hierro, y Zinc**.

Dependiendo de factores como humedad y temperatura se determina las concentraciones de pH y Conductividad eléctrica (C.E.), el pH es ligeramente alcalino apto para el desarrollo de los cultivos.

La C.E, del estiércol se favorece ya que determina las sales solubles que se encuentran en el estiércol para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas y la absorción de agua.

El presente trabajo evaluó, la situación actual de producción y manejo del estiércol de los municipios de las lecherías familiares de los Altos de Jalisco, se estudió el destino y uso, para reducir la perdida de nutrientes.

El objetivo particular del presente trabajo evaluó la concentración de nutrientes en el estiércol, se estableció una encuesta para determinar las concentraciones de los nutrientes (Macros y Micros) dentro del estiércol para aumentar la materia en el suelo, disminuir el uso de fertilizantes químicos y emisiones al medio ambiente.

Se observó una elevada variación en las dosis de aplicación del estiércol, evidenciando la falta de herramientas (pala, carretillas, etc.), para la fertilización, así como análisis de suelo o las necesidades nutricionales del cultivo a fertilizar.

Es necesario revisar y aplicar los reglamentos para reducir los efectos ambientales nocivos, que estos generan, por esta razón se requiere conocer la ubicación final y manejo del estiércol para evitar mayor cantidad de pérdida de nutrientes en el estiércol que son almacenados por tiempos largos.

Así mismo el manejo del estiércol es inadecuado, ya que se almacena durante periodos largos provocando pérdidas de nutrientes por volatilización como el Nitrógeno o lixiviación como Fosforo y Potasio afectando al medio ambiente y al suelo.

ABSTRACT

Mexico has contributed to the volume of milk production four basins: The lagoon (Coahuila and Durango), Tizayuxa (Hidalgo), Mexico Valley and surrounding areas to Mexico (Puebla and Mexico State), and Los Altos Jalisco.

Jalisco is the leading producer of milk in the country since 1985. In a herd of 100 lactating cows producing 20 kg of milk per day, the amount of manure per day is 5.500 to 6.000 kgs.

Cattle milk production generates 14'559, 930 kg / day of manure in the Los Altos de Jalisco, whose management is inadequate, which is a source of environmental pollution. The accumulation of manure degrades indefinite amount of usable macro and micronutrients in the culture, increasing or decreasing the N, P, K, and trace minerals such as sodium, copper, manganese, magnesium, iron, and zinc.

Depending on factors such as humidity and temperature is determined concentrations of pH and electrical conductivity (EC) is slightly alkaline pH suitable for the development of crops.

The EC manure is favored because it determines the salts that are soluble in the manure to affect the normal seed germination, plant growth and water absorption.

The present study evaluated the current situation of production and manure management in the municipalities of family dairies of Altos de Jalisco; we studied the fate and use, to reduce the loss of nutrients.

The particular focus of this study assessed the concentration of nutrients in the manure, established a survey to determine the concentrations of nutrients (macro and micro) in the manure to raise the matter in the soil, reduce the use of chemical fertilizers and emissions environment.

CONTENIDO

	pág.
Resumen	i
Abstract	iii
Índice general	iv
Índice cuadros	vi
Índice de figuras	viii
Introducción.	1
1 Justificación.	3
2 Antecedentes.	4
2.1 El sistema de producción lechera familiar.	4
2.2 Impacto ambiental de las explotaciones agropecuarias.	6
2.3 Impacto ambiental del estiércol.	9
2.4 Normas de aplicación de estiércol bovino al suelo.	14
2.5 Producción de estiércol por el sector lechero.	17
2.6 Propiedades químicas.	19
2.7 Contenido de nutrientes en el estiércol.	22
2.8 Funciones de los minerales del estiércol lechero en las plantas.	26

2.9	Uso y aprovechamiento del estiércol como estrategia para disminuir su efecto contaminante.	32
2.10	Compostaje de origen animal.	34
3	Objetivos.	40
4	Hipótesis.	41
5	Materiales y métodos.	42
5.1	Área de estudio.	42
5.2	Aplicación de encuestas.	44
5.3	Toma de muestras del estiércol.	45
5.4	Análisis de laboratorio.	46
5.5	Análisis estadístico.	47
6	Resultados y discusión.	48
6.1	Manejo del estiércol en el estudio.	48
6.2	Determinación de pH y Conductividad eléctrica del estiércol.	51
6.3	Composición físico-químico del estiércol	53
7	Conclusiones	61
8	Alcances y recomendaciones del trabajo de investigación	63
9	Literatura citada	64
10	Anexos	77

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Producción anual de estiércol por especie animal en la República Mexicana.	12
Cuadro 2. Consumo, retención y excreción (kg/año ⁻¹) de Nitrógeno y fosforo por especie pecuaria.	13
Cuadro 3. Excreción de nutrientes por especie pecuaria.	13
Cuadro 4. Guía general de respuesta esperada en las plantas con relación a los valores de conductividad eléctrica del suelo.	21
Cuadro 5. Concentración de nutrientes en estiércol fresco de diferentes especies de interés zootécnico según diferentes autores.	23
Cuadro 6. Efecto del almacenamiento de estiércol concentración de macro y micronutrientes en el estiércol de bovino (en base seca).	23
Cuadro 7. Contenido total de nutrimentos en algunos estiércoles en México.	24
Cuadro 8. Características del estiércol de bovino en diferentes etapas de desarrollo.	26
Cuadro 9. Requerimientos nutricionales del maíz en diferentes etapas de desarrollo.	30
Cuadro 10. Región Altos Norte 2010 Jalisco, superficie por ha temporal primavera verano.	31
Cuadro 11. Región Altos Sur 2010 Jalisco, superficie por ha temporal primavera verano.	32

Cuadro 12. Valores promedio del contenido mineral de diferentes estiércoles en los compostajes.	35
Cuadro 13. Contenido de cenizas, relación carbono nitrógeno, conductividad eléctrica en diferentes tipos de estiércol.	35
Cuadro 14. Composición química de algunos abonos orgánicos.	38
Cuadro 15. Ubicación de los establos estudiados en el manejo del estiércol.	42
Cuadro 16. Intervalo de limpieza de corrales y acumulación del estiércol en las explotaciones en estudio.	47
Cuadro 17. Uso de estiércol como fertilizante para cultivos dentro de las explotaciones lecheras en estudio.	49
Cuadro 18. Cultivo a los que se incorpora el estiércol de bovino en las explotaciones estudiadas.	50
Cuadro 19. Materia seca, pH y Conductividad eléctrica del estiércol de los establos en estudio.	50
Cuadro 20. Concentración de Nitrógeno Total, Nitrógeno Inorgánico (amonio+nitrato), Fosforo y Potasio en el estiércol de las explotaciones en estudio.	53
Cuadro 21. Concentración de Calcio, Sodio y Magnesio en el estiércol de las explotaciones en estudio.	55
Cuadro 22. Concentración de Manganeso, Zinc, Cobre y Hierro en el estiércol de las explotaciones en estudio.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema lechero familiar de la región de los Altos de Jalisco.	4
Figura 2. Ordeña en el sistema familiar.	5
Figura 3. Localización geográfica de la Región de los Altos de Jalisco, México.	6
Figura 4. Acomulación del estiércol en las explotaciones de la lechería familiar.	7
Figura 5. Ganado lechero bovino.	7
Figura 6. Acumulación del estiércol en los establos.	8
Figura 7. Desechos del estiércol en charcas.	9
Figura 8. El ganado lecheros en los establos.	10
Figura 9. Bovinos rumeando haciendo la fermentación entérica.	10
Figura 10. El estiércol del ganado lechero bovino en contacto con el suelo.	11
Figura 11. El estiércol bovino para la aplicación agrícola.	12
Figura 12. Arroyos contaminados por el sector agropecuario.	15
Figura 13. Diferentes tipos de establos familiares.	16
Figura 14. Producción del estiércol por semanas.	17
Figura 15. Sistema de traspatio como daño ambiental.	18
Figura 16. Comederos de material.	18
Figura 17. Alimento para la producción de leche.	19

Figura 18.	Desechos del estiércol en tipo de laguna de oxidación	22
Figura 19.	El uso de agua para la limpieza del estiércol bovino vertido en las alcantarillas	25
Figura 20.	Alimento del ganado bovino en los sistemas lecheros. (Mazorcas de maíz).	31
Figura 21.	Desechos del ganado bovino lechero.	34
Figura 22.	Instalación del sistema familiar.	34
Figura 23.	Falta de limpieza en los establos.	36
Figura 24.	Herramientas para la recolección del estiércol.	37
Figura 25.	Uso del estiércol en ladrilleras.	37
Figura 26.	INIFAP Tepatitlán de Morelos, Jalisco.	42
Figura 27.	Mano de obra familiar.	42
Figura 28.	Área seleccionada de los 10 municipios (Región Altos Sur y Norte de Jalisco)	43
Figura 29.	Porcentaje de los municipios de cada establo en estudio.	44
Figura 30.	Establos lecheros.	44

INTRODUCCIÓN

El estado de Jalisco tiene una gran importancia en la producción pecuaria a nivel nacional. En el subsector lechero ocupa el primer puesto con el 17.3 % de la producción (Agenda, 2002; Gallardo, 2004). En particular la región de los Altos es la más importante en la producción de leche en Jalisco, aportando aproximadamente 47 % de la producción estatal (SAGARPA, 2000), lo que representa cerca del 10 % a nivel nacional (Agenda 2002; Gallardo, 2004).

El sistema productivo de leche dominante en la región es el familiar y semiespecializado, el cual se caracteriza por contar con pequeñas explotaciones, las cuales son atendidas por los integrantes de la familia, disminuyendo al máximo la mano de obra externa. El manejo de la alimentación se basa tradicionalmente con el ensilado de maíz, aprovechamiento y esquilmos agrícolas.

Sus instalaciones son rústicas, la tecnología limitada, las viviendas de los productores están ubicadas en los predios; el manejo de los animales y sus desechos es deficiente, la calidad de la leche es cuestionable y generalmente se comercializa por medio de intermediarios, queseros locales, centros de acopio y otros elementos directamente al consumidor (Gasque y Blanco, 2004; SAGARPA, 2004).

La problemática ambiental causada por la intensificación de las actividades ganaderas ha incrementado el número de animales, teniendo un número aproximado de 264,762 bovinos leche en la región de los Altos Jalisco.

Lo anterior produce, una excesiva concentración de estiércol, que contiene nitrógeno y fosforo aprovechable por los cultivos, la disponibilidad de hectáreas para reciclar estos nutrientes provoca una contaminación del suelo, agua y aire. Esto ha generado en los últimos años la preocupación pública por la calidad y el cuidado del ambiente (Meyer, 2000).

En la región de los Altos de Jalisco se han realizado estudios donde se estima la producción del estiércol. Estos muestran que la cantidad producida de nutrientes, nitrógeno y el fósforo, en el estiércol de la ganadería es mucho mayor que la cantidad requerida por las hectáreas de cultivo de 15 municipios en la región de los Altos de Jalisco. En el municipio de Tepatitlán Jalisco, la producción pecuaria produce 3.20 y 6.13 % más de N y P, de lo que requieren los cultivos de estos nutrientes (FAO 2002).

A pesar de que hay un número mayor de aves y cerdos que bovinos, estos últimos también contribuyen a la producción de nitrógeno y fósforo en el estiércol y la producción de este es proporcional al peso vivo y a la ingesta de su alimento (Agenda 2002., Meyer, 2000).

La descripción del contenido químico del estiércol de bovino, y su manejo en las explotaciones lecheras es de suma importancia, ya que en base a esto se pueden realizar recomendaciones sobre su utilización como fertilizantes orgánicos.

1. JUSTIFICACIÓN

La región de los Altos Jalisco se desempeña por ser una de las cuencas lecheras más importante del país. El manejo del estiércol es un factor de importancia ambiental y social, por ser un tema relacionado con la salud pública. Al conocer la composición química del estiércol de bovino lechero de la región, ayudará a mejorar la calidad del suelo y medio ambiente.

2. ANTECEDENTES

2.1 EL SISTEMA DE PRODUCCION LECHERA FAMILIAR

En México existen por el volumen aportado a la producción lechera cuatro cuencas: **La laguna** (Coahuila y Durango), **Tizayuxa** (Hidalgo), **Valle de México y las zonas aledañas al Distrito Federal** (Puebla y Estado de México), y **Los Altos Jalisco**.

Jalisco es el productor principal de leche en el país desde 1985 (Cervantes *et al.* 2002). De acuerdo con datos de la Unión Ganadera Regional del estado de Jalisco (UGRJ), genera tres y medio millones de litros de leche diarios. El hato se estima en 810 mil cabezas, de las cuales 270 mil son vacas en producción y 230 mil son vaquillas, novillos y terneras de reemplazo.

En los Altos Jalisco, predomina el sistema de lechería familiar, la ganadería familiar se incluye de los sistemas de economía campesina, la cual establece lazos muy estrechos con el núcleo familiar integrado por personas de diferentes edades y sexo.



Los involucrados generalmente son tradicionales, el tamaño de sus hatos está limitado por sus recursos económicos y por el tamaño de sus predios. La mano de obra básica es de la familia, la cual no recibe un salario (Cervantes *et al.*, 2002).

Figura 1. Sistema lechero familiar de la región de los Altos de Jalisco.

La lechería familiar, se define como aquella que se desarrolla en unidades de producción rural, con acceso a pequeñas superficies de tierra, con hatos que pueden ser menores a 10 vacas en producción y llegar hasta 80 o 90, más sus reemplazos.

En la fuerza de trabajo familiar constituye la base en la realización de las actividades, el ordeño puede ser manual o mecánico, eventualmente solo algunos productores pueden



producir su propio alimento balanceado, lo cual eleva considerablemente los costos unitarios. Normalmente no se llevan registro de ningún tipo, ni en libros o tarjetas y mucho menos en computadoras (Cervantes, *et al.*, 2001).

Figura 2. Ordeña en el sistema familiar.

Los Altos de Jalisco es una región localizada en el noreste de Jalisco. Está comprendida por 19 municipios y tiene una superficie total de 1'487,832 hectáreas de las cuáles cerca del 65% se destinan para actividades de producción pecuaria y el 22% para uso agrícola. El resto de las tierras se divide en actividades como uso forestal o áreas urbanas (SIAP, 2010).

Esta región tiene una altitud promedio de 1,841 msnm, con una temperatura máxima promedio de 31.5 °C en el mes de mayo y una mínima de 4°C en el mes de Enero. En promedio recibe una precipitación pluvial anual promedio de 671.8 mm (Flores *et al.*, 2012).

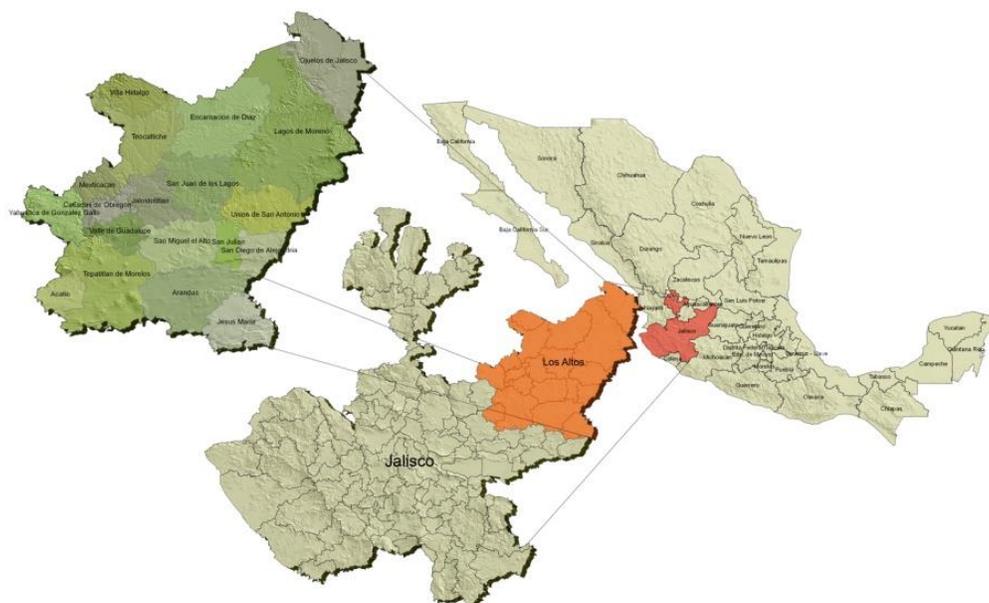


FIGURA 3. Localización geográfica de la Región de los Altos de Jalisco, México.

2.2 Impacto ambiental de las explotaciones agropecuarias.

En los sistemas de producción agropecuaria, ha generado un incremento en la producción de desechos. El estiércol acumulado supera la capacidad de absorción del suelo de N, P y K en el ambiente (Tamminga, 1996), en el aire con amoníaco (NH_4), dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno y otros gases antes mencionados (AEMA, 1997).

Sin embargo, en los últimos años se ha generado una problemática a resolver por las autoridades, investigadores, técnicos y productores involucrados en el sector agropecuario que es el incremento de animales bovinos y sus desechos orgánicos conocidos como estiércol y su manejo.

La FAO (2002), señala que una de las causas que genera lo anterior es que el estiércol sólido provenientes de los diferentes sistemas agropecuarios se aplica en los terrenos en fresco, sin realizar análisis en el contenido de los nutrientes, por lo tanto no se tiene



control en su dosificación. Una práctica cultural común en los sistemas de producción es no distribuir las excretas, sino al contrario se apilan, y en muchos casos el volumen del estiércol sobrepasa la capacidad del terreno de cultivo.

Figura 4. Acomulacion del estiercol en las explotaciones de la lecheria familiar.

El estiércol está en contacto directo con el suelo y no se utiliza ningún tratamiento para evitar la volatilización del amoníaco y pérdida de otros nutrientes. Por lo tanto al llegar la temporada de lluvias, parte de los nutrientes contenidos en el estiércol terminan en cuerpos de aguas superficiales o subterráneos.

Tanto en una granja como en un municipio, estado, país, una excesiva concentración



animales, sin suficiente tierras de cultivo a sus alrededores, para reciclar los nutrientes del estiércol y producir alimento, puede resultar en un desbalance que inevitablemente incrementará el riesgo de contaminación del aire y agua (Olmos *et al.*, 2007).

Figura 5. Ganado lechero bovino.

Esto no sucede en los Altos de Jalisco, donde la actividad agrícola va de la mano con la producción agrícola, y por lo tanto existe una gran posibilidad de reciclar y mejorar los suelos, al aplicar excretas a los mismos.

Se tiene un desbalance considerado entre el tamaño de los hatos (cantidad de nitrógeno y fósforo excretado en el estiércol) y la disponibilidad de hectáreas de cultivo para reciclar estos nutrientes. Aunque el número de vacas lecheras por cada hectárea de cultivo que permite el reciclaje de nutrientes es de 1.5, el promedio actual es de 8.1., (Olmos *et al.*, 2007).

En un estudio de la (FAO, 2002), muestra que la cantidad producida de nutrientes, nitrógeno y el fósforo, en el estiércol de la ganadería, es mucho mayor que la cantidad requerida por las hectáreas de cultivo de 15 municipios en la región de los Altos de Jalisco. En el municipio de Tepatitlán Jalisco, la producción pecuaria produce 3.20 y 6.13 % más de N y P, de lo que requiere los cultivos (Olmos *et al.*, 2007).

Al incrementar el número de vacas por hectárea a más de 1.5, el estiércol ya no puede reciclarse en los cultivos (sin exceso de aplicación de nutrientes por hectárea). En la región de los Altos se divide en Sur y Norte teniendo una superficie de 6,667 y 8,882



(km²), en el cual se produce poca alfalfa (no requiere nitrógeno), y una gran superficie del terreno es utilizado para el maíz. Es probable que en 1 hectárea de cultivo de maíz pueda reciclarse el nitrógeno de más 1.5 vacas (Olmos *et al.*, 2007).

Figura 6. Acumulación del estiércol en los establos.

Así mismo a pesar de que hay un gran número de aves y cerdos que de bovinos, los bovinos contribuyen más a la producción de (N) y (P) porque la producción de estiércol es proporcional al peso vivo y a la ingesta de estos animales siendo así que Jalisco ocupa el primer lugar probablemente por su población pecuaria (Olmos *et al.*, 2007). Por otro parte el estiércol bovino es una fuente de nutrimentos que puede contribuir a la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios al reducir el uso de fertilizantes inorgánicos y aumentar la materia en el suelo.

2.3 Impacto ambiental del estiércol

Aunque las enfermedades humanas ocasionadas por excretas animales no son frecuentes, en granjas avícolas los trabajadores pueden presentar asma, pulmonía y enfermedades oculares (irritación) cuando la ventilación en las granjas es deficiente.

Otro riesgo de enfermedades para la población humana es el consumo de agua contaminada con: 1) estiércol conteniendo bacterias patógenas y la más común es *Escherichia coli* que causa diarrea y gases abdominales (LeJeune y Wetzel, 2007); 2) contenidos altos de nitratos que reducen la capacidad de transporte de oxígeno en la



sangre, conocida como metahemoglobinemia (Miner *et al.*, 2000); 3) hormonas, principalmente estrógenos, relacionadas con una reducción en la cantidad de esperma en humanos (Sharpe y Skakkebaek, 1993).

Figura 7. Desechos del estiércol en charcas.

El bovino tiene cuatro estómagos, que se alimenta de hierbas y que produce en su panza



un gas que emite a través de sus eructos y excremento. Una vez suelto, el gas llega a la atmósfera y trastoca el clima del planeta. El animal es el rumiante más extendido en el planeta: la vaca; el gas, el metano, el segundo gas de efecto invernadero más abundante en la atmósfera.

Figura 8. El ganado lechero en los establos.

En la última década científicos y políticos de todo el mundo comenzaron a prestar atención a este fenómeno cuando descubrieron que el ganado era una de las fuentes de contaminación de la atmósfera más potentes.

Actualmente se calcula que produce 37% del metano que llega a la atmósfera, esto se debe a que el metano es 23 veces más potente que el dióxido de carbono (CO_2) tan solo en México existen 31 millones de cabezas de ganado, según datos de la SAGARPA.

El ganado produce metano de la fermentación entérica y el excremento. Durante este proceso se produce el metano que es expulsado a través de los eructos (95 por ciento) y



por las flatulencias (5 por ciento). La torta de excremento deja de producir metano cuando se seca por completo. Una vaca arroja alrededor de 5.5 kilos de excremento y de 350 a 750 litros de metano a través del eructo, diariamente, de acuerdo con los estudios de la FAO.

Figura 9. Bovinos rumeando haciendo la fermentación entérica.

La producción anual de estiércol en México se estima en 61 millones de toneladas por año (Cuadro 1), considerando únicamente el proveniente del ganado estabulado y



semiestabulado; se si le pudiera capitalizar adecuadamente, a cada hectárea de terreno agrícola le corresponde 2 ton/año, cantidad suficiente para mantener los suelos con excelentes contenidos de materia orgánica, fertilidad y capacidad productiva (SAGARPA, 2004).

Figura 10. El estiércol del ganado lechero bovino en contacto con el suelo.

El impacto ambiental tal como generación de gases de efecto invernadero, eutrofización de cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en el suelo de cultivo ocasionado por el estiércol de ganado, dependerá en gran medida de la especie pecuaria, del sistema de alimentación y del manejo del estiércol (Thomassen, *et al.*, 2008).

A pesar de ello, la valoración del estiércol como fertilizante orgánico, comparada con la de fertilizantes químicos, es mínima. Por sus características orgánicas, el estiércol aumenta la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico y la filtración de agua al subsuelo, y reduce la erosión (Capulin, *et al.*, 2001).

Además, la fracción líquida del estiércol ayuda a disminuir las pérdidas de nitrógeno, carbono y azufre en sus formas gaseosas, en el suelo (Capulin *et al.*, 2001), así puede reducir el uso de fertilizantes químicos y, por tanto, el impacto ambiental (Bouwman y Booi, 1998).

Cuadro 1. Producción anual de estiércol por especie animal en la República Mexicana.

Tipo de estiércol	Producción kg/día	Producción (miles de toneladas/año)	
		1970	1998
Gallinaza	0.017	1,700	1,203
Porqueraza	0.45	3,300	1,651
Caprino	0.7	1,800	1,531
Ovino	0.7	1,000	993
Bovino	6	36,600	50,882
Equino	1.5	4,800	4,800
Total/año		49,200	61,060

Fuente: SAGARPA, 2004.

Como se indicó, los constituyentes inorgánicos de importancia ambiental contenidos en el



estiércol son nitrógeno y fósforo, pero es importante conocer sus concentraciones porque el método de fertilización, la combinación con otros fertilizantes, la velocidad de descomposición y sus posibles factores de riesgo como contaminantes, dependerán de ellos (IPCC, 2006).

Figura 11. El estiércol bovino para la aplicación agrícola.

El Cuadro 2 y 3 están los resultados de estudios de composición del estiércol e incluyen la ingesta, retención y excreción de nitrógeno y fósforo, así como la excreción de otros nutrientes al suelo (Wit *et al.*, 1997).

Según ASABE (2005), los volúmenes promedio de estiércol fresco generados cada día son 0.102 kg/pollo de engorda, 0.270 kg/pavo, 4.7 kg/cerdo de engorda, 22 kg/ bovino de engorda, 38 kg/vaca seca y 68 kg/vacas lactante.

Cuadro 2. Consumo, retención y excreción (kg/año⁻¹) de Nitrógeno y fósforo por especies pecuarias.

Especie	Consumo		Retención		Excreción	
	N	P	N	P	N	P
Bovino lechero +	163.7	22.6	34.1	5.9	129.6	16.7
Bovino lechero -	39.1	6.7	3.2	0.6	35.9	6.1
Cerda +	46	11	14	3	32	8
Cerda -	18.3	5.4	3.2	0.7	15.1	4.7
Cerdo en crecimiento +	20	3	6	1.3	14	1.7
Cerdo en crecimiento -	9.8	2.9	2.7	0.6	7.1	2.3
Gallina de postura +	1.2	0.3	0.4	0.1	0.8	0.2
Gallina de postura -	0.6	0.2	0.1	0.1	0.5	0.1
Pollo +	1.1	0.2	0.5	0.1	0.6	0.1
Pollo -	0.4	0.1	0.1	0	0.3	0.1

+Sistemas tecnificados. –Sistemas con baja productividad. Fuente: de Wit *et al.* (1997).

Cuadro 3. Excreción de nutrientes por especie pecuaria.

Especie	Nutrientes kg 1000 kg ⁻¹ estiércol				
	K	Ca	Mg	Na	Mn
Bovino lechero +	3.7 - 6.9	1.2 - 6.5	1.6 - 3.0		0.05 - 0.11
Bovino lechero -	4.6	1.5	0.6	0.7	-
Cerda +	3.6	4.6	1.2	0.6	-
Cerda -	2.9	6.4	1.5	0.7	-
Cerdo en crecimiento +	6.8	3.5	1.5	1	-
Cerdo en crecimiento -	-	-	-	-	-
Gallina de postura +	4.9 - 11.0	0.3	1.7 - 2.1	-	-
Gallina de postura -	5.1	0.2	1.2	0.8	-
Pollo +	17.8	0.2	3.6	3	-

+Sistemas tecnificados. –Sistemas con baja productividad. Fuente: de Wit *et al.* (1997).

La digestión anaeróbica del estiércol produce gases que en su mayoría son metano (60 %), bióxido de carbono (39 %), y trazas (0.2 %) de óxido nitroso (Bekkering *et al.*, 2010). El metano es un gas no tóxico, un biogás que contribuye significativamente al efecto invernadero.

Un proceso de biofermentación de las excretas reduce 66 % las emisiones de metano y óxido nitroso (Chadwick *et al.*, 2011) y 98 % los olores (Massé *et al.*, 2011), y resulta en beneficios ambientales y sociales.

2.4 Normas de aplicaciones de estiércol bovino al suelo

En México se cuenta con una Norma Oficial Mexicana para las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. Se encuentran registradas 15 Agencias de Certificación, de las cuales 3 son de origen mexicano (CERTIMEX, CUCEPRO y CADS) y una agencia internacional (OCIA) división México (SCFI, 2000, y CODEES 1997).

Las empresas extranjeras más importantes que operan en nuestro país son: Organic Crop Improvement Association Internacional (OCIA), con sede en Estados Unidos; Naturland, de Alemania, y Quality Assurance International, de Estados Unidos. La certificación nacional corresponde al Comité Universitario Certificador de Productos Orgánicos de la Universidad de Colima, a la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos S.C. (Certimex), que realiza procesos de cocertificación con empresas internacionales; a la Asociación Civil Dana y otros (FDA y CFSAN 1999 y IEM. R, 1956).



Muchos programas de certificación requieren medidas adicionales de protección del ambiente, por ejemplo, en las esferas relativas a la conservación de suelos y aguas, la lucha contra la contaminación o el uso de agentes biológicos se aplican por lo general medidas específicas (UMFDA, 2002).

Figura 12. Arroyos contaminados por el sector agropecuario.

En nuestro país la producción de productos orgánicos se rige por la Norma Oficial Mexicana NOM-307 -Fito-1995 / 1997, en la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, aunque la producción y comercialización orgánica ha estado inserta en el mercado internacional a través de empresas certificadoras e intermediarias de países industrializados que han fijado las pautas para los productores nacionales y para la exportación.

La normatividad de la agricultura orgánica comprende el establecimiento de estándares para la producción y el procesamiento de los productos orgánicos, así como los instrumentos que posibilitan el cumplimiento de los sistemas de regulación (Salazar *et al.*, 2003).

Los hongos del suelo juegan un papel clave en los procesos de descomposición que mineralizan y reciclan nutrientes de plantas. En el suelo, los hongos interactúan con una compleja comunidad microbiana que incluye: bacterias, actinomicetos (actinobacterias) y pequeños invertebrados.

Los hongos son una parte importante de la cadena alimenticia en el suelo, principalmente para la mesofauna que habita en el suelo (Bonkowski et al., 2000). En los ecosistemas agrícolas, los patógenos de plantas actúan en el suelo y en la rizósfera, causando una notable reducción en las cosechas y afectando su calidad. (Wainwright, 1988; Lodge, 1993).

Las actividades agrícolas pueden afectar la diversidad de organismos presentes en el suelo, los cuales juegan un importante papel en el reciclaje de nutrientes o son mediadores del equilibrio entre los patógenos y sus antagonistas. Por esta razón, el suelo



alberga una parte considerable de la biodiversidad total de hongos, y no existe ninguna estimación fidedigna del número de especies de hongos del suelo (Hawksworth, 1991; Hawksworth y Rossman, 1997).

Figura 13. Diferentes tipos de establos lecheros familiares.

Los hongos del suelo juegan un papel clave en los procesos de descomposición, mineralizando y reciclando los nutrientes de las plantas (Wainwright, 1988; Lodge, 1993; Beare et al., 1997).

En sistemas agrícolas, los patógenos de plantas y sus antagonistas son particularmente importantes. Los patógenos de plantas actúan en el suelo, en la rizósfera o infectan tallos, causando que las plántulas se marchiten y, por tanto, provocan grandes pérdidas.

Éstos pueden ser específicos, aunque la mayoría ataca una amplia gama de plantas hospedadas. Existen evidencias de que las prácticas agrícolas causan más alteraciones cuantitativas que cualitativas en la comunidad de microhongos del suelo (Pfenning, 1997; Rodrigues-Guzman, 2001). La supresión de patógenos de plantas puede resultar intrínseca en los suelos, pero también es posible que se mantenga o incremente con algunas prácticas agrícolas específicas, tales como la incorporación de materia orgánica, plantas utilizadas como cubierta vegetal y la diversificación de cultivos.

Algunos elementos biológicos han sido identificados como los principales factores de la supresión de enfermedades (Chet y Baker, 1980; Schneider, 1984; Mazzola, 2002, 2004). Se ha demostrado experimentalmente que la introducción de antagonistas específicos como *Trichoderma* spp. o *Coniothyrium minitans* pueden reducir la incidencia de una variedad de enfermedades en el suelo (Whipps et al., 1993).

2.5 Producción de estiércol por el sector lechero.

En la región de los Altos de Jalisco existen 264, 762 bovinos leche, Olmos et al. 2007, mencionan que al producir un vaso de leche (250ml), también la vaca produjo 0.75 kg de



estiércol. En un hato de 100 vacas en lactancia que producen 20 kg de leche por día, la cantidad de estiércol por día es de 5,500 a 6,000 kg. Esto aunado con los datos anteriores de un volumen de 14, 561,910 a 15, 885,572 kg/día de estiércol en el estado (FAO, 2002).

Figura 14. Producción del estiércol por semanas.

Medina (2010), menciona que a diferencia de los sistemas intensivos estabulados, la mayoría de los sistemas de traspatio, los productores no tienen donde desplazar y utilizar el estiércol en sus cultivos, o en ocasiones, cuando no se destina a usos agrícolas, se acumula en las instalaciones lo que puede representar problemas con los vecinos por



malos olores, moscas, contaminación del aire, agua, ya que la mayoría de las veces se limpia los corrales con agua enviando partes de los sólidos con el agua filtrándose a los mantos acuíferos o directamente a suelo.

Figura 15. Sistema de traspatio como daño ambiental.

El volumen de estiércol en una vaca lechera depende de su peso vivo, alimentación y producción de leche así bien, en promedio por cada 100 kg de incremento de peso vivo la cantidad del estiércol aumenta en un 3.7 kg y por cada incremento de 10 kg de producción de leche se produce 9.5 kg más de estiércol (ASAE, 2005; Nennich et al., 2005).

Por lo tanto, la aplicación de estiércol a terrenos de cultivo debe ser controlada teniendo en cuenta su destino, utilización, o aplicación como subproducto (Coll, 1995).

La producción de estiércol depende de la cantidad y composición de la ración. Olmos et al., 2007. Menciona que el NRC (National Research Council por sus siglas en ingles), tiene ecuaciones para determinar el consumo de alimento en función a su nivel de producción, con estas ecuaciones se puede estimar que una vaca de un hato con una



producción diaria de 20 kg de leche, consume 14.9 kg de materia seca por día y produce 53.5 kg de excreta total (heces + orina). Estos valores fueron calculados base un número total de vacas en lactancia.

Figura 17. Alimento para la producción de leche.

2.6. Propiedades químicas

El potencial hidrógeno (pH), del suelo, afecta la solubilidad de los diferentes iones presente, variando la asimilabilidad por las plantas absorbidos en solución. En otros casos el pH afecta la actividad microbiana (Ortiz, 1973).

El pH se representa por media de una escala de valores de 0 a 14, relacionado con la presencia de iones H^+ así como OH^- , la neutralidad se encuentra en 7, al existir mayor cantidad de iones H^+ se torna ácido, por lo contrario al aumentar los iones OH^- se considera alcalinidad. Lo anterior está relacionado con la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Turk *et al.*, 1980).

El pH tiene una influencia decisiva en los procesos genéticos al suelo, en la asimilabilidad de los nutrientes y en el desarrollo de la actividad microbiana del suelo; se ve influido por la alteración mineral, la evolución de la materia orgánica, la absorción de iones por las plantas y el lavado del suelo (Turk *et al.*, 1980).

Conductividad Eléctrica (C.E.) la salinidad es la consecuencia de la presencia en suelo de sales solubles. Por sus propias características se encuentran tanto en la fase sólida como en la fase líquida, por lo que tienen una extraordinaria movilidad.

La salinización natural del suelo es un fenómeno asociado a condiciones climáticas de aridez y a la presencia de materiales orgánicos ricos en sales. No obstante, existe una salinidad adquirida por el riego prolongado con aguas de elevado contenido salino, en suelos de baja permeabilidad y bajo climas secos o subhúmedos (García, 2005).

El contenido salino del suelo suele medirse de forma indirecta, dado que la presencia de iones en el agua la hace conductora de la electricidad, se utiliza la conductividad del extracto de saturación para estimar su contenido en sales solubles. Se entiende por extracto de saturación la solución extraída del suelo después de saturarlo con agua, buscando ponerlo en un punto cercano a su capacidad de campo, dada que esta es la situación más perdurable con una concentración mínima de sales.

Un estado de mayor humedad presentaría una solución más diluida pero de escasa duración temporal; un estado más seco elevaría la concentración pero sería muy variable en el tiempo (García, 2005).

Debido a que la conductividad eléctrica varía con la movilidad de los iones y con la temperatura, para obtener valores comparables siempre se mide a una temperatura fija de 25°C. El comportamiento de las plantas en diferentes rangos de conductividad eléctrica en suelo se presenta en el cuadro 4 a continuación.

Cuadro 4. Guía general de la respuesta esperada en las plantas con relación a los valores de conductividad eléctrica del suelo.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (us/cm a 25°)	RESPUESTA ESPERADA DE LAS PLANTAS
0 a 2	Efectos de salinidad generalmente inadvertidos.
2 a 4	El rendimiento de los cultivos muy sensibles a las sales puede ser limitado.
4 a 8	El rendimiento de los cultivos sensibles a las sales se restringe.
8 a 16	Únicamente cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente.
> 16	Únicamente unos cuantos cultivos tolerantes a las sales rinden satisfactoriamente.

Modificado de Rodríguez, 2002.

La presencia de sales ejerce una doble influencia en el suelo, por un lado la posible toxicidad en algunos iones presentes como el sodio, y por otro el incremento en la presión osmótica que dificulta la absorción de agua por parte de las plantas, esto hace que los suelos salinos se comporten fisiológicamente como seco con un nivel de humedad apreciable (García, 2005).

La Materia Orgánica (M.O.), el término correcto es humus, que representa la descomposición de la materia muerta, desde la más simple hasta la más compleja. El proceso lo causa un gran número de bacterias y hongos microscópicos (Turk *et al.*, 1980).

Unas bacterias oxidan el amoníaco para formar nitritos y otras actúan sobre los nitritos para constituir nitratos, un tipo de compuesto del nitrógeno que puede ser utilizado por las plantas. Algunas bacterias son capaces de atraer, o extraer, nitrógeno del aire de forma



que quede disponible en el suelo. Incluso partes no descompuestas del humus, o que solo han experimentado descomposición parcial, contribuyen a la fertilidad del terreno dando al suelo una textura más ligera y porosa (Turk *et al.*, 1980).

Figura 18. Desechos del estiércol en tipo de laguna de oxidación.

Donde se practica la agricultura o donde se altera el equilibrio de los procesos naturales, ya sea por la actividad humana o por accidentes naturales como el fuego, se pierde la estabilidad y se reduce el contenido orgánico del suelo hasta que se alcanza un nuevo equilibrio (Turk *et al.*, 1980).

2.7. Contenido de nutrientes en el estiércol.

La producción del estiércol así como sus características químicas dependen principalmente de la especie de interés zootécnico que la genera (cuadro 5). Sin embargo, la edad, genética y dieta son factores determinantes en la producción y contenido químico de los estiércol (Merkel, 1981; Canh *et al.*, 1998^a; Canh *et al.*, 1998^b; Crocker y Robinsón, 2002;). Así también el contenido de humedad afecta la concentración de nutrientes en el estiércol (Lupwayi *et al.*, 2000; cuadro 6).

Cuadro 5. Concentración de nutrientes en estiércol fresco de diferentes especies de interés zootécnico según diferentes autores.

Tipo de estiércol	MACRONUTRIENTES						MICRONUTRIENTES				Autor
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	
	%						mg/kg				
Bovino Lechero	1.2	0.5	6	4	0.8	14	4288	28	86	3	Gracia-Gil <i>et al.</i> , 200
Bovino Lechero	1.7	5	4.5								Smith, 1991
Bovino Lechero	0.5	0.2	0.2	0.3							Martinez, 1998
Bovino Lechero	1.4	1									Eghball, 2002
Bovino Lechero	3.1	1.9	10	6.2	1.9		7983	114	70.4	27	Lupwayi <i>et al.</i> , 2000
Bovino Lechero	2.9	1.3	3.2								Griffin <i>et al.</i> , 2003
Bovino Lechero	3.2	2.2	8.6	1.4	1.4						Whalen <i>et al.</i> , 2003
Bovino engorda	2.2	1									Dao y Cavigelli, 2003
Bovino engorda	2.1	1.3	3.2								Griffin <i>et al.</i> , 2003
Gallinaza	1	0.8	0.4								Martinez, 1998
Gallinaza	3.3	1.8	1.8								Romero <i>et al.</i> , 1997
Pollinaza	6.8	1.4	0.8	2.5	0.7						Gallery y Davey, 1971
Pollinaza	6.3	8.8	3.2								Smith, 1991
Pollinaza	1.2	0.4	0.5								Barnard y Harms, 1992
Pollinaza	7.7	7.3	12.8								Griffin <i>et al.</i> , 2003
Cerdo	3.8	5.4	4.1								Smith, 1991
Cerdo	1	0.8	0.4								Martinez, 1998
Cerdo	7.1	7.6	9.3								Griffin <i>et al.</i> , 2003
Ovino	1.7	0.1	2.1	0.2							Martinez, 1998
Ovino	3.8										Smith, 1991
Caballo	2.3										Smith, 1991

Adaptado de Dao y Cavigelli (2003).

Cuadro 6. Efecto del almacenamiento de estiércol concentración de macro y micronutrientes en el estiércol de bovino (en base seca).

Tipo de Estiércol	(N	P	K	Ca	Mg	Fe)	(Mn	Cu	Zn)
	g/kg						mg/kg		
Fresco	22.1	5.9	26.8	15.0	7.8	7983	704	27	114
Seco	24.8	6.1	32.2	18.7	8.1	11293	931	37	195

Adaptado de Lupwayi et al (2000). EF= estiércol fresco; ES= estiércol seco.

El contenido medio de nutrientes de los estiércoles utilizados en la agricultura se muestra en el cuadro 7. La gallinaza y cerdaza son los más ricos desde el punto de vista nutrimental y de mayor liberación de nutrimentos en el primer año de aplicación. Los estiércoles más pobres son los de vacuno y equino y desde luego los que aportan menor porcentaje de nutrientes en el primer año de aplicación por su alta relación C/N.

Cuadro 7. Contenido total de nutrimentos en algunos estiércoles en México.

Determinación	Tipo de Estiércol				
	Vacuno	Gallinaza	Porcino	Equino	Caprino
Humedad (%)	36	30	20	25	18
pH (relación 1:2)	8	7.4	7.2	7	7.5
Materia Orgánica (%)	70	70	68	60	55
Nitrógeno total (%)	1.5	3.7	3.7	1.2	2.5
Fosforo (%)	0.6	2.2	2	0.2	0.6
Potasio (%)	2.5	2.7	30	2.5	2.2
Calcio (%)	3.2	5.7	7.5	6	8
Magnesio (%)	0.8	1	2.3	0.2	0.2
Sodio (%)	1.6	1.1	0.3	0.1	0.1
Zinc (ppm)	130.6	516			
Manganeso (ppm)	264	474			
Hierro (ppm)	354	4,902			
Relación C/N	26	11	13	33	18
Mineralización (%1er año)	35	90	65	30	32

Fuente: Adaptado de Romero (1997).

Según experiencias de campo e invernadero los materiales orgánicos con una relación C/N menor de 22 un contenido de nitrógeno mayor de 1.2% liberan el nitrógeno disponible para cultivo presente, de lo contrario el nitrógeno quedará retenido en los organismos vivientes del suelo, pero desde luego potencialmente permanece disponible para los cultivos subsiguiente. (SAGARPA, 2004).

La baja eficiencia de uso de nutrientes del ganado lechero hace que el estiércol y la orina contengan cantidades importantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y otros nutrientes. Cuando el estiércol no se maneja adecuadamente, los nutrientes en exceso contaminan el ambiente.

La cantidad de nutrientes que puede aprovechar la plantas después de la aplicación del estiércol a los cultivos es alrededor del 50%, del estiércol recién excretado, alrededor del



40% se pierde en el aire en forma de amoníaco durante el almacenamiento. Cueto *et al.* (2005) mencionaron que en México del estiércol producido, este contiene en promedio 162,000 ton de nitrógeno (N), 34,000 toneladas, de fósforo (P) y 104,000 toneladas de potasio (K), respectivamente.

Figura 19. El uso de agua para la limpieza del estiércol bovino vertido en las alcantarillas.

Cuando el estiercol se aplica en cultivos bajo riego, un porcentaje importante es susceptible de perderse por lixiación de nitratos al agua subterránea (Ocha *et al.*, 2011).

En el caso del fosforo, aproximadamente el 26% de lo que produce el animal no se recicla por las plantas y va incrementando la concentración del fosforo en los suelo y el riesgo de pérdidas por erosión y escurrimiento cuando llueve (Olmos *et al.*, 2007).

En el Cuadro 8 se enlista el contenido promedio de nutrientes y volumen de excretas generadas por bovinos (engorda y lecheros).

Cuadro 8. Características del estiércol de bovino en diferentes etapas de desarrollo.

Tipo de bovino	N	P	K	Ca	Estiércol total	Humedad
	kg/día/animal				kg/d	%
Bovino engorda	0.19	0.044	0.14	0.089	-	88
Becerras engorda	0.13	0.025	0.085	0.04	22	88
Vacas en lactación	0.45	0.078	0.103		68	87
Vacas secas	0.23	0.03	0.148		38	87
Becerras lactantes	0.0079					
Becerras (150kg)	0.063				8.5	83
Vaquillas (440 kg)	0.12	0.02			22	83
Terneras (118 kg)	0.015	0.0045	0.0199		3.5	96

Fuente: (ASAE, 2005).

2.8. Función de los minerales del estiércol bovino lechero en las plantas.

La aplicación de estiércol en tierras de cultivo proporciona un beneficio ecológico al depositar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el suelo; el nitrógeno del estiércol se encuentra principalmente en forma de amoníaco y las plantas lo usan como nutriente (Miner *et al.*, 2000). Los nutrientes vegetales para la planta se agrupan en dos categorías: macro y micronutrientes.

MACRONUTRIENTES:

NITROGENO: La planta lo puede obtener preferentemente por absorción radicular del nitrato (NO_3) y del amonio (NH_4), aunque algunas plantas pueden establecer simbiosis con bacterias fijadoras de N_2 atmosférico. Más del 50% del N de la planta se halla en proteínas y ácidos nucleicos, el resto en moléculas solubles orgánicas (aminoácidos, amidas, aminos) con distintas funciones (coenzimas, osmolitos, etc.) o inorgánicos (nitrato y amonio).

El nitrógeno junto con el magnesio forma parte de la clorofila, por lo tanto es el responsable de que las plantas aparezcan de color verde, de que crezcan las hojas y de que produzcan los frutos y semillas adecuadas (García *et al.*, 2009).

FOSFORO: Se toma del suelo como ion fosfato, preferente como H_2PO_4 en suelos ácidos y en su forma divalente H_2PO_4 en suelos básicos. Permanece como fosfato formando ésteres en los ácidos nucleicos o en moléculas estructurales como fosfolípidos y como nucleótido, ATP, UDP, GTP, siendo clave en toso el metabolismo. La deficiencia provoca enanismo y retraso en la madurez. En exceso provoca un gran desarrollo radicular. (García *et al.*, 2009).

POTASIO: Se toma de forma catiónica. Es el catión más abundante de la vacula y el principal osmolito de la planta. Además es activador de más de 50 sistemas enzimáticos (oxidorreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetiza, quinasas...) en los que interviene en el cambio conformacional de la apoenzima. Su deficiencia se traduce en debilidad del tallo, mayor sensibilidad al ataque por patógenos y retraso del crecimiento por pérdida de turgencia. Su exceso puede interferir en la absorción y disponibilidad de otros cationes como el Ca^2 o el Mg^2 (García *et al.*, 2009).

CALCIO: Se absorbe como catión Ca^2 . Como elemento estructural forma parte de la matriz dela pared celular. Actua como cofactor de algunas enzimas, como las ATPasas, como segundo mensajero está implicado en la fosforilacion de proteínas. Su unión reversible a calmodulina le implica en la señalización celular durante el desarrollo vegetal. Su deficiencia conlleva pobre desarrollo.

Es primordial mantener una concentración muy baja (del orden de 1mM) de Ca^{2+} citosólico y la planta dispone de numerosos mecanismos de homeostasis para regular esta concentración, que implica a la vacuola, pero también al cloroplasto y al retículo endoplasmático. (García *et al.*, 2009).

MAGNESIO: forma parte de la clorofila por lo tanto resulta imprescindible para la fotosíntesis. Interviene en el crecimiento de las plantas a través de la activación hormonal. El magnesio de las plantas procede de los minerales del suelo, de la materia orgánica y de los fertilizantes añadidos a los cultivos.

A diferencia de los macronutrientes, las plantas necesitan cantidades muy pequeñas de los llamados micronutrientes. A pesar de necesitar cantidades tan pequeñas, los micronutrientes son esenciales para el desarrollo y salud de los vegetales (Domínguez, 1989).

MICRONUTRIENTES:

HIERRO: participa activamente en la molécula del citocromo y actúa como transportador de electrones en la respiración, se encuentra ligado a la formación de clorofila, favorece la formación de la enzima nitritoreductasa que interviene en la reducción de nitrato a iones amonio; además, actúa como activador enzimático en la síntesis de clorofila, interviene en la síntesis de algunas proteínas, en reacciones y oxidaciones biológicas, y genera una acción fungistática secundaria sobre hongos y bacterias al promover la formación de compuestos orgánicos como fitoalexinas y exudados y transformación de Fe^{+3} a Fe^{+2} presentado un ritmo elevado de transformación lo cual facilita la absorción de este elemento en los tejidos vegetales (García *et al.*, 2009).

COBRE: el cobre promueve la resistencia sistemática adquirida, lignificación de los tejidos, participan en la síntesis de fenoles, muchos de los cuales actúan como fitoalexinas y de ciertos flavonoides confiriendo resistencia al estrés causados por factores bióticos y abióticos, favorece la cicatrización de tejidos disminuyendo el ataque de hongos, genera un estado de sanidad superior en los bonsái, forma parte de la plastocianina de los cloroplastos, activa numerosas enzimas clave siendo importante para el metabolismo de los carbohidratos y del nitrógeno así como de la superoxidismutasa, citocromo, oxidasa, tirosinasa, promueve la formación de vitamina A y C; clorofila.

MANGANESO: el manganeso actúa como activador enzimático e el ciclo de Krebs, participa activamente en el transporte de electrones en la reacción de Hill; interviene en la síntesis de sustancias nitrogenadas, metabolismo fosfórico a través de la fosfotransferasa y en la fotosíntesis al participar en el funcionamiento del fotosistema II, es un activador del Ácido Indol Acético oxidasa, participa en la síntesis de proteínas, carbohidratos, lípidos y la formación del ácido ascórbico; interviene en la fase oscura de la fotosíntesis y activa las reductasa (García *et al.*, 2009).

ZINC: zinc actúa como un activador enzimático al proveer Anhidrasa carbónica, alcohol deshidrogenasa, superdismutasa, carboxipeptidasa glutámica, piridin nucleótido deshidrogenasa, en la ARN y ADN polimerasa; interviene de manera activa en la reorganización de procesos, en el metabolismo de los carbohidratos, en la síntesis de Ácido Indol Acético, disminuye el ataque de patógenos ya que no permite la lixiviación de azúcares hacia la superficie de las hojas, favorece la respiración (ciclo de Krebs). La actividad mayor se ve involucrada con la producción enzimática, participa en la formación de triptófano (García *et al.*, 2009).

En la nutrición de cultivos, el nitrógeno es el elemento que más se necesita y es el más importante para incrementar el rendimiento (Cámara et al., 2003; Jalali et al., 2012). En el maíz, el rendimiento está más limitado por un inadecuado suministro de nitrógeno que por deficiencias de otros nutrientes esenciales.

En el Cuadro 9 se enlistan algunos requerimientos nutricionales del maíz, en diferentes etapas de desarrollo (Bundy, 2004).

Cuadro 9. Requerimientos nutricionales del maíz en diferentes etapas de desarrollo.

Nutriente	Plántulas de 24–45 días	Tercera hoja de 45–80 días	Floración femenina
%			
Nitrógeno	4.0–5.0	3.5–4.5	2.76–3.75
Fósforo	0.40–0.60	0.35–0.50	0.25–0.50
Potasio	3.0–5.0	2.0–3.5	1.75–2.75
Calcio	0.51–1.6	0.20–0.80	0.30–0.60
Magnesio	0.30–0.60	0.20–0.60	0.16–0.40
Sulfuro	0.18–0.40	0.18–0.40	0.16–0.40
ppm			
Zinc	25–60	20–60	19–75
Boro	6–25	6–25	5.1–40
Manganeso	40–160	20–150	19–75
Hierro	40–500	25–250	50–250
Cobre	6–20	6–20	3–15

Fuente: Schulte y Kelling, 1986.

En México uno de los cultivos de mayor importancia es el maíz, la superficie estimada asciende a 8 millones de hectáreas cuadros 10 y 11, (SIAP-SAGARPA, 2012). El estado de Jalisco es el segundo estado que mayor número de hectáreas que destina a la producción de este cultivo, con más de 700,000 hectáreas.

Los municipios de Jalisco que destacan como principales productores de maíz son: Lagos de Moreno (615,517 ton), La Barca (195,748 ton), San Juan de los Lagos (151,695 ton), Tepatlán de Morelos, 146,472 ton), Tamazula (142,454 ton), entre otros. La importancia de este cultivo genera la necesidad de información acerca de alternativas para lograr mayor eficiencia en el uso de recursos para fertilización.

Dada entonces la importancia de la región de los Altos de Jalisco por el volumen de



residuos generado derivado de la actividad lechera y por el difundido uso de dichos residuos para la fertilización de cultivos como el maíz, es necesario identificar el manejo brindado así como la disponibilidad de nutrientes con potencial de fertilización en los mismos.

Figura 20. Alimento del ganado bovino en los sistemas lecheros. (Mazorcas de maíz).

CUADRO 10. Región Altos Norte 2010 Jalisco, superficie sembrada por Ha temporal primavera verano.

	Maíz forrajero en verde	Maíz en grano	Sorgo en grano	Avena forrajera en verde	Sorgo forrajero verde
Encarnación de Díaz	19,504	4,685			
Lagos de Moreno	21,486	33,166	335	827	30
San Diego de Alejandría	2,572	1,398	451		
San Juan de los Lagos	17,782	2,983			1,032
Teocaltiche	10,734	7,807			166
Unión de San Antonio	1,950	9,700	100		300
Villa Hidalgo	2,708	5,272		30	25

Citado www.siap.com accesado el 18 y 19 de abril del 2012.

CUADRO 11. Región Altos Sur 2010 Jalisco, superficie sembrada por Ha temporal primavera verano.

	Maíz forrajero en verde	Maíz en grano	Sorgo en grano	Avena forrajera en verde	Sorgo forrajero verde
Acatic	400	7,509	10		
Arandas		91	4,442	255	
Cañadas de Obregón	2,575	4,619			
Jalostitlan	5,058	3,423			
Jesús María	3,873	12,765	219	378	
Mexicacan	353	2,531			15
San Julián	1,750	778			20
San Miguel el Alto	7,346	117			
Tepatitlán	4,200	18,020	180		
Valle de Guadalupe	590	233	6		
Yahualica de Gonzales Gallo	4,570	305			130

Citado www.siap.com accesado el 18 y 19 de abril del 2012.

2.9. Uso y aprovechamiento del estiércol como estrategia para disminuir su efecto contaminante.

En la mayoría de las unidades pecuarias es inevitable almacenar el estiércol en un periodo de tiempo antes de darle una disposición final. En estas condiciones el estiércol acumulado se convierte en fuente de moscas y helmintos, que cumplen parte de su ciclo biológico y se multiplican en las bostas frescas y estercoleros, que afectan la salud animal. Para evitar esos inconvenientes se deben realizar los tratamientos siguientes:

- Físico. Con la elevación de la temperatura se eliminan muchos microorganismos. Es poco utilizado porque requiere de combustible fósil. Se emplea ante la existencia de una enfermedad altamente contagiosa.
- Químico. Aplicación de desinfectantes químicos, entre ellos cal (Hidróxido de Calcio) viva y formaldehído, elevan su efectividad con la homogenización, permitiendo que las partículas sólidas se disuelvan y los microorganismos se pongan en contacto con los desinfectantes. Tiene el inconveniente económico de que el volumen de desinfectante a utilizar depende de la cantidad de estiércol a tratar.
- Biológico. Relacionado a microorganismos aerobios y anaerobios que descomponen la materia orgánica presente en el estiércol. Hay dos métodos muy utilizados en el mundo, el silo de estiércol y el biodigestor. La biodigestión anaeróbica representa una alternativa para el tratamiento inicial del estiércol, debido a que, además de permitir reducir al mínimo la emisión de metano y los riesgos sanitarios de los efluentes, produce energía (biogás) y promueve el reciclaje del efluente (bioabonos).

La composta puede resolver algunos de los problemas relacionados con la excesiva producción de estiércol, utilizado como subproducto para los suelos agrícolas (Kridler, 1991). Las compostas son ricas en ácidos húmicos los cuales pueden ser utilizados en diversas variedades de cultivos agrícolas (Kridler, 1991).

Algunas elaboradas con desechos de origen animal tienen diversas composiciones y



calidades (Jung y Yang, 2001), y son bajas en materia orgánica y altas en nutrientes. Las aplicaciones excesivas pueden causar efectos en los cultivos y en el suelo, debido a la acumulación de sales, y contaminación de agua (Dao y Cavigelle, 2003).

Figura 21. Desechos del ganado bovino lechero.

2.10. Compostaje de origen animal

El nitrógeno en la composta se encuentra en diversas formas, como amonio y se volatiliza en forma de gas (amoníaco) hacia el medio ambiente (Galler y Davey, 1971). Para manejar en forma segura el amonio, es necesario bajar los niveles de pH y temperatura dando una buena mezcla del compost (Smith, 1991).

En el cuadro 12, se presentan las medias del contenido mineral de diferentes estiércoles procesados a través de compostaje.



La velocidad del compostaje de los estiércoles depende de sus contenidos de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y de C/N en el cuadro 13, Smith (1991) reporta un análisis de estos factores.

Figura 22. Instalación del sistema familiar.

Cuadro 12. Valores promedio del contenido mineral de diferentes estiércoles en los compostajes.

Tipo de estiércol	MACRONUTRIENTES						MICRONUTRIENTES				Autor
	(N	P	K	Ca	Mg	Na)	(Fe	Zn	Mn	Cu)	
	%						mg/Kg				
Bovino Lechero	2.4										Yang, 2001
Bovino Lechero	1.2	0.5	6	4	0.8	1.4	4288	28	86	3	Garcia-Gil et al., 2000
Bovino Lechero	1.9	1.5	16	16.4	0.8	6.4	11662	1325	175	548	Garcia-Gil et al., 2000
Bovino Lechero	1.4	1									Eghball, 2002 y Power, 2000
Bovino Lechero	3.1	1.9	10	6.2	1.9		7983	114	70.427		Lupwayi et al., 2000
Bovino engorda	1.2	1.2									Eghball, 2002 y Power, 2000
Bovino engorda	3.2	2.2	8.6	1.4	1.4						Whalen et al., 2000
Pollinaza	2.8										Yang, 2001
cerdo	3.3										Yang, 2001

Adaptado por Medina, 2010.

Cuadro 13. Contenido de cenizas, relación carbono nitrógeno, conductividad eléctrica en diferentes tipos de estiércol.

Tipo de Estiércol	Cenizas	C/N	pH (%)	CE (dm-1)	Autor
Bovinos lechero	64.1	15.9	8.8	7.0	Garcia-Gil et al., 2000
Bovinos lechero	40.0	22	8.7		Yang, 2001
Bovinos lechero	81.2	8.6	7.7	54.6	EGHBALL
Bovinos de engorda	66.7	8.7	7.9	70	Garcia-Gel et al., 2000
Cerdo	20.0	19.8	8.0		Yang, 2001
Pollinaza	55	18.1	8.6		Yang, 2001

Adaptado por Smith, 1991. Citado por Medina 2010.

Kennet *et al.* (1992) señala que el pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución que indica la concentración de iones o cationes hidrógeno [H⁺] presentes en determinada sustancia. Cabe mencionar que el pH alto se asocia con la pérdida de materia seca, además de que está determinado por el tipo de alimento que consume el animal (Medina, 2010).

El pH generalmente es de neutro (7.0) a alcalino, una vez que es aplicado al suelo comienzan los procesos de descomposición y tiende a acidificar el suelo, pero cuando es regularmente amontonado por mucho tiempo, el pH suele ser casi neutro, en cambio cuando un pH es excesivamente alto puede estar indicando un exceso en los niveles de sales solubles (Murphy, 2006).

Desde el punto de vista de producción agrícola, el pH del suelo influye en la capacidad de



las plantas de absorber nutrientes, por lo general se puede considerar 5.0 y 7.5 como valores extremos, sin embargo, cada cultivo tiene un rango específico para su mejor desarrollo ya que la mayoría de las plantas absorben los nutrientes en un alto porcentaje de pH entre 6.0 y 6.8 (Sánchez, 2000).

Figura 23. Falta de limpieza en los establos.

Por lo tanto, es de suma importancia que se conozcan las condiciones del suelo y del estiércol para decidir las dosis que se utilizarán como parte de la fertilización o al momento de realizar labores agrícolas.

Esto dependerá directamente del tipo de cultivo y las condiciones del suelo. Una de las alternativas para el aprovechamiento del estiércol de bovino y de otras especies animales, es el proceso de compostaje previo a su aplicación al suelo.

Desde el punto de vista de manejo agrícola, cuando se aplica una cantidad excesiva de



sales en el suelo, se impide o se limita la absorción del agua hacia la planta, modificando la absorción de nutrientes. Aquellos cultivos que sean muy susceptibles a las sales del suelo, son afectadas si la conductividad eléctrica (C.E.) es mayor de 2.0 milimhos/cm., (Guía Agricultura 2009).

Figura 24. Herramientas para la recolección del estiércol.

El estiércol contiene en general grandes cantidades de sales solubles, medidas a través de conductividad eléctrica (CE) en una relación estiércol: agua de 1:3, debido a la gran



cantidad de sales minerales comúnmente añadidas a las raciones de los animales (Doug *et al.*, 1996). La conductividad eléctrica (C.E.) se modificará de acuerdo a las condiciones en que se almacene el estiércol y los cambios en la humedad del mismo.

Figura 25. Uso del estiércol en ladrilleras.

Medina (2010) menciona, después de analizar diversos tratamientos y aditivos, que el comportamiento de la conducción eléctrica de la excreta aumenta cuando la excreta recibe un proceso de compostaje, debido a la mineralización de la materia orgánica, incrementando a su vez la concentración de nutrientes.

La relación C: N influye en la disponibilidad o mineralización del N y otros nutrimentos. Una relación baja (<18) indica una proporción adecuada de N para que los microorganismos lleven a cabo la descomposición de los compuestos de carbono y ocurra la transformación de compuestos orgánicos en minerales (mineralización de N, P, y otros nutrimentos).

Cuadro 14. Composición química de algunos abonos orgánicos.

Característica	Tipo de abono orgánico			
	Vacuno	Gallinaza	Vermi-composta	Composta
Humedad (%)	36	30		
pH	8	7.6	7.6	7.7
Materia orgánica (%)	70	70		
N total (%)	1.5	3.7	1.1	1.1
P (%)	0.6	1.8	0.3	0.3
K (%)	2.5	1.9	1.1	1.1
Ca (%)	3.2	5.6	1.6	1.6
Mg (%)	0.8	0.7	0.5	0.5
Zn (ppm)	130	575	100	100
Mn (ppm)	264	500	403	403
Fe (ppm)	6354	1125	10625	10625
Relación C/N	16	15	19	15

Adaptación de varios fuentes, presentada por Trinidad, 1987.

Por el contrario, una relación alta indica una mayor proporción de compuestos de carbono con respecto al N, lo que significa que los microorganismos inmovilizarán parte del N inorgánico disponible en el suelo para poder descomponer los compuestos de carbono; después de que esto ocurre, la relación C: N disminuye y la mineralización de N se incrementa.

La relación C: N adecuada para la elaboración de composta es entre 25 y 30, mientras que la composta terminada debe tener un valor C: N cercano a 10. Así pues, desde el punto de vista de fertilización, la composición química del estiércol juega un papel de suma importancia, ya que las dosis a aplicar como fertilizante se calcularán en función de las condiciones o características nutricionales del suelo, el cultivo que se vaya a fertilizar y la propia composición química del estiércol.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar el manejo y la composición físico-química del estiércol de bovino lechero, en la región de los Altos de Jalisco.

Objetivos particulares.

- 1) Caracterizar el manejo, recolección y destino del estiércol producido en los establos lecheros de la región de Los Altos de Jalisco.
- 2) Determinar el pH y Conductividad eléctrica del estiércol.
- 3) Cuantificar el contenido y variación de Nitrógeno (N), fósforo (P), Potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), Magnesio (Mg), hierro (Fe), Cobre (Cu), zinc (Zn) y Manganeseo (Mn).

4. Hipótesis

El estiércol generado por el sistema lechero familiar de los Altos de Jalisco, tiene nutrientes y características químicas, para funcionar como fuente fertilizante, mejorador del suelo de tierras cultivables en la producción de forrajes y hortalizas.

5. Materiales y métodos

El presente estudio se realizó de mayo a junio de 2009 como parte de la actividad del proyecto denominado “**Manejo integrado de nutrientes y excretas en sistemas de**



producción intensiva y familiar de leche, para la producción sustentable de forrajes” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el KM. 8 carretera Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho las Cruces, Tepatitlán de Morelos Jalisco.

Figura 26. INIFAP Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

5.1 Área de estudio

El estudio se efectuó en 46 explotaciones lecheras con un promedio de 20 a 100 vacas lactantes, distribuidas en 10 municipios ubicados en la región de los Altos Sur y Norte de



Jalisco, México (cuadro 15 y figura 6).

Los criterios para la selección de los establos a estudiar incluyeron aspectos como accesibilidad y mano de obra familiar primordialmente.

Figura 27. Mano de obra familiar.

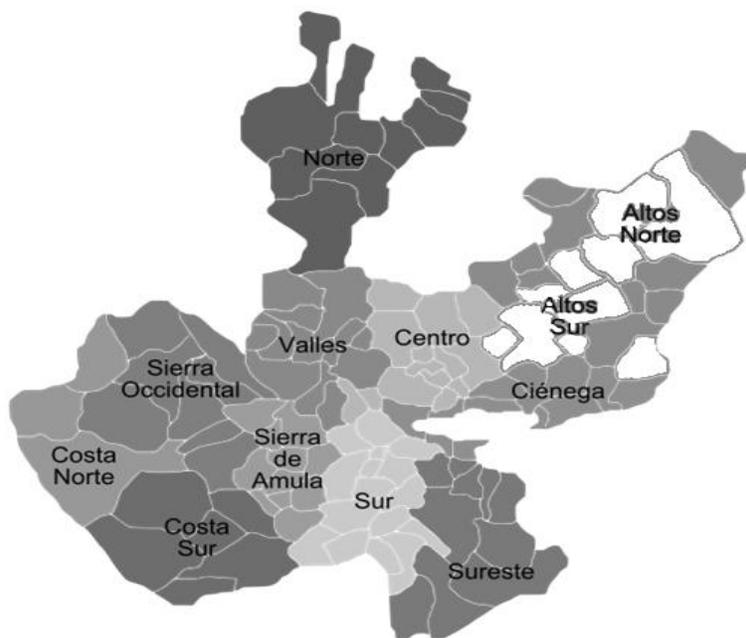


Figura 28. Área seleccionada de los 10 municipios (región altos Sur y Norte de Jalisco).

Cuadro 15. Ubicación de los establos estudiados en el manejo del estiércol.

Municipio	Región geográfica	Número de establos	%
Acatic	Altos sur	8	17.4
Jalostotitlán	Altos sur	1	2.2
Jesús María	Altos sur	1	2.2
San Ignacio Cerro Gordo	Altos sur	9	19.6
San Miguel el Alto	Altos sur	5	10.9
Tepatitlán de Morelos	Altos sur	16	34.8
Valle de Guadalupe	Altos sur	1	2.2
Encarnación de Díaz	Altos norte	1	2.2
Lagos de Moreno	Altos norte	2	4.3
San Juan de Los Lagos	Altos norte	2	4.3
TOTAL		46	100.0

NOTA: Las lecherías familiares cuentan con entre 20 y 100 vacas por establo.

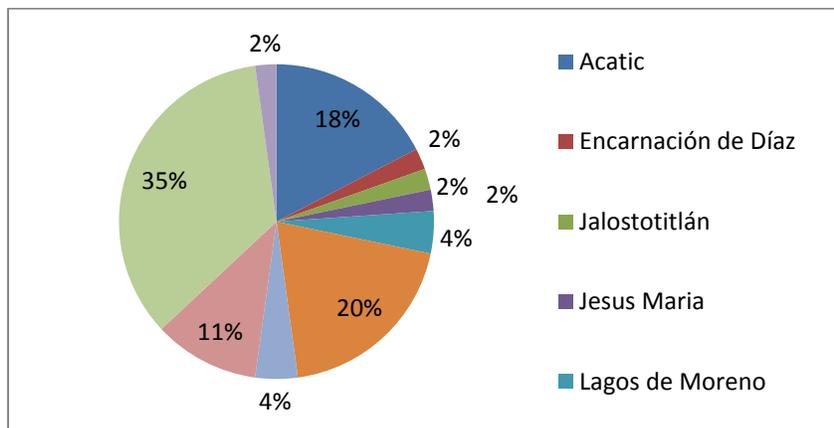


Figura 29. Porcentaje de los municipios de cada estable en estudio.

5.2 Aplicación de encuestas

En cada uno de los establos lecheros se realizó una encuesta de 8 preguntas (Anexo 1), para determinar las siguientes variables:

- a).-Periodo de recolección,
- b).- Destino, y
- c).- Cultivos a los que son utilizados.



La encuesta fue diseñada por el Dr. Uriel Figueroa Viramontes investigador del INIFAP LAGUNA.

Figura 30. Establos lecheros.

5.3 Toma de muestra del estiércol

Se recolectaron 6 submuestras de estiércol de los corrales y pilas de los establos, utilizando 5 puntos:

- 1). Superior Izquierdo, 2). Superior Derecho, 3). Medio o Central, 4). Inferior Izquierdo,
- 5). Inferior Derecho.



Obteniendo 1 Kgs de estiércol, posteriormente se homogenizó para obtener una muestra compuesta por establo.

El total de las muestras se secaron a 65 °C en un horno de aire forzado marca Shel Lab, posteriormente se molieron en



un molino Willey a un tamaño de partícula de 1 mm y se almacenaron en un desecador



de vidrio sin marca a temperatura ambiente para determinar la concentración de la materia seca.



El traslado de las muestras fue a finales del mes de julio del año 2009, empackadas en frascos schott para su posterior análisis en el laboratorio del Campo Experimental La Laguna del INIFAP.

5.4 Análisis de laboratorio

En las muestras de estiércol se analizaron:

- 1) Nitrógeno total por metodología kjeldahl; en un bloque de digestión y destilador marca Foss (modelo 2300) con titulación automática.
- 2) Nitrógeno inorgánico (amonio + nitratos) por el método de destilación, el destilador fue de la marca Foss (modelo 2300) con titulación automática.
- 3) Fosforo por el método de Olsen en un espectrómetro marca Genesys 20, utilizando colorimétrico con ácido ascórbico.
- 4) Los elementos Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Fierro, Cobre, Zinc y Manganeso, se analizaron por digestión acida y espectrofotómetro de absorción atómica (Peters, 2003).

Los variables pH y conductividad eléctrica se realizaron con potenciómetro marca Orión calibrado a dos puntos (4.0 y 7.0), diluyendo el estiércol en una relación estiércol: agua de 1:2.

5.5. Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos de la encuesta y los análisis de laboratorio se realizó utilizando estadística descriptiva con el programa Microsoft office Excel® ver 2007, y SAS 2009, obteniendo las siguientes variables:

1. Destino del estiércol.
2. Periodicidad de recolección de estiércol.
3. Método de almacenamiento.
4. Dosis de aplicación en forrajes o agostaderos.
5. Método de aplicación.
6. Contenido de Nitrógeno total (N), Nitrógeno inorgánico, Fósforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Mg) en el estiércol.
7. pH
8. Conductividad eléctrica.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Manejo del estiércol en el estudio.

Los datos obtenidos mediante la encuesta aplicada (anexo 1), a los productores en el estudio, arrojó información acerca del intervalo del tiempo de limpieza, acumulación del estiércol de los corrales, en la explotación y el uso que se da al estiércol producido hasta su uso final. Así mismo obtener la composición química del contenido del estiércol.

En el cuadro 16, presentan los periodos en días sobre la limpieza de los corrales y su tiempo de acumulación del estiércol, donde la media es de 44.4 y 170.4 respectivamente. Esto indica que se tiene la cultura para tener las instalaciones limpias más aun no se ha concientizado lo importante del tiempo que el estiércol pasa en los corrales después de ser excretado, ya que a menor frecuencia de limpieza mayores serán las pérdidas de nitrógeno (principalmente nitrógeno amoniacal) por volatilización. Además de que en tiempo de lluvias se puede arrastrar parte del estiércol a los cuerpos de agua y provocar contaminación.

Cuadro 16. Intervalo de limpieza de corrales y acumulación del estiércol en las explotaciones en estudio.

VARIABLE	Media	D.E.	Max.	Min.
Intervalo de limpieza de corrales (d)	44.4	71.0	365	1
Tiempo de acumulación del estiércol (d)	170.4	91.9	365	0

D.E. = desviación estándar; Max = Valor máximo en el estudio; Min = valor mínimo en el estudio.

Un estudio realizado por Morelra y Satter (2006), se compararon pérdidas de Nitrógeno por volatilización bajo distintas frecuencias de limpieza de corrales de vacas en lactación, los resultados mostraron que el incremento en la frecuencia de limpieza de los pisos de los corrales de 2 a 6 veces por día tuvo poco efecto sobre la volatilización de Nitrógeno del estiércol, también estimaron que por efecto de temperatura ambiental del 40 al 50% del Nitrógeno excretado durante el verano y menos del 20% del excretado durante el invierno puede perderse de los pisos de los corrales por volatilización de nitrógeno amoniacal.

Otro aspecto importante en el manejo del estiércol es su utilización en abonos orgánicos para disminuir la utilización de químicos. Con base en los datos obtenidos se pudo obtener información referente al uso que los productores le dan al estiércol que producen en sus explotaciones.

En el cuadro 17, se tiene que del 100% de las explotaciones lechera en el estudio, el 30% no aplica el estiércol como fertilizante a los cultivos, ya que la se vende a ladrilleras o simplemente se a pila y se acumula en las hectáreas de las explotaciones haciendo una contaminación al suelo y aire.

El 70 % usa el estiércol como fertilizante para sus cultivos, el 43.5% lo hace solo 1 vez al año, el 8.7% dos veces por año, el 6.5% de 2 a 3 veces por año, el 4.3% cada mes y por último el 6.5% cada mes.

Cuadro 17. Uso de estiércol como fertilizante para cultivos dentro de las explotaciones lecheras en estudio.

Uso del estiércol	NE	%
No aplica estiércol al cultivos	14	30.4
Aplica 1 vez por año	20	43.5
Aplica 2 veces por año	4	8.7
Aplica 3-4 veces por año	3	6.5
Aplica una vez por mes	2	4.3
Aplica más de una vez por mes	3	6.5
Total	46	100

NE = número de explotaciones; % = porcentaje del total de las explotaciones lecheras estudiadas.

En el cuadro 18, encontramos los diversos cultivos a los que se aplica estiércol como maíz con el 62.5%, pasto en agostaderos con el 15.6%, maíz y otros cultivos con el 9.4%. Esto indica que la mayor superficie de siembra en las unidades de producción de leche en la región sur y norte de los Altos de Jalisco, es el cultivo de maíz, con 62.5% de los casos encuestados.

Cuadro 18. Cultivos a los que se incorpora el estiércol de bovino en las explotaciones estudiadas.

Cultivos	NE	%
Maíz	20	62.5
Pastos en agostaderos	5	15.6
Otros cultivos	3	9.4
Total	28	87.5

NE = número de explotaciones; % = porcentaje del total de las explotaciones lecheras estudiadas.

6.2. Determinación del pH y conductividad eléctrica de las excretas

Los valores de contenido de Materia Seca (MS) en las muestras de estiércol analizadas muestran un porcentaje de 33.86, (C.V.=54.98%), asociado principalmente a la forma en que el estiércol es almacenado en la explotación y el tiempo de almacenaje. Los valores de pH máximo y mínimo fueron de 5.6 y 9.4, respectivamente, que indica una acidez hasta un exceso de alcalinidad, (cuadro 19).

Cuadro 19. Materia seca, pH y Conductividad eléctrica del estiércol de los establos en estudio.

Estadístico	MS (%)	pH	C.E. (dS cm ⁻¹)
Media	33.86	8.01	6.07
Desviación estándar	18.62	0.76	2.74
Coeficiente de variación (%)	54.98	9.54	45.09
Valor Máximo	91.38	9.40	15.10
Valor Mínimo	15.46	5.66	2.90

MS = materia seca; pH = potencial de hidrógeno; C.E. = conductividad eléctrica.

Otero (2010), cita que un valor superior de (pH) 8 provoca pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco (NH₃), (Rodríguez y Córdova, 2006). Median (2010) cita a (Sánchez-Monedero, 2001), que el pH tiende a tener una neutralidad en la última fase debido a la composición de materia orgánica, de hecho un pH encima de 7.5 es significado que existe una buena transformación.

El aumento del pH está asociado a las altas temperaturas presentadas en la etapa termofílica principalmente por la acción metabólica de algunos tipos de ácidos como los carboxílicos y los grupos fenólicos; además de la mineralización de la materia orgánica que puede producir amonio, aumentando así el pH (Bernal *et al.* 1998a; Paredes *et al.* 2000; 2001; Márquez-Haces 2003).

Arriba de 7.5 pH, reduce la disponibilidad de Fosforo y todos los micronutrientes a excepción de Molibdeno (Rodríguez, 2002). México tiene el 48.3% con suelos de 7.4 a 8.5 pH con alto contenido de Calcio y Magnesio y suelos alcalinos >8.5 pH con 4.1% con exceso de Sodio y Potasio (León, 2007).

Los resultados obtenidos indican un pH alcalino de 8.5; el pH adecuado en la agricultura se encuentra entre 6 y 7, en algunos suelos, un pH de 8 puede obtener buenos rendimientos agropecuarios, Sin embargo, a partir de tal umbral las producciones de los cultivos pueden mermarse ostensiblemente.

En la mayoría de los casos, los pH altos son indicadores de suelos calcáreos de las zonas áridas del Norte de México, un pH muy ácido (5.0), resulta ser otro factor limitante para el desarrollo de los cultivos.

En el caso de los valores de conductividad eléctrica en las muestras de estiércol analizadas, los resultados mostraron una amplia variación (C.V.=45%) ya que se encontró un valor máximo de 15.10 y un valor mínimo de 2.90.

Bernal *et al.*, 1998^a. Menciona como consecuencia de la degradación de la materia orgánica se producen compuestos inorgánicos que a su vez aumentan el valor de la conductividad eléctrica durante el proceso.

Medina (2010), comparó resultados de experimentos de varios autores en diferentes trabajos realizados con estiércol de bovino lechero que van desde 1.4 a 29.6 dS m⁻¹ de CE, mientras que sus resultados van desde 1.5 a 16.33 dS m⁻¹.

Castellanos *et al.*, (1996) encontró que el estiércol a medida que se incrementaba la cantidad aplicada al suelo, la CE aumentaba debido a que una tonelada de estiércol contiene alrededor de 50 kg de sales.

Los resultados en esta investigación de la CE dS m⁻¹ indican que la concentración de sales en el estiércol es muy amplia y probablemente esté muy relacionada con el manejo nutricional de ganado, el aprovechamiento de los nutrimentos en las dietas y el tiempo de exposición a la intemperie, ya que la lluvia lava parte de las sales solubles contenidas en el estiércol.

6.3. Composición química del estiércol.

Existen nutrientes que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas; carbono, oxígeno e hidrógeno son tomados por el aire y el agua; los restantes provienen del suelo y clasifican en macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio) y micronutrientes (hierro, cobre, manganeso zinc, molibdeno, boro, cloro y níquel).

Cuando un suelo no tiene estos minerales suficientes, es necesario aplicarlo a través de un fertilizante con dichos nutrientes que permita el rendimiento y/o calidad de las cosechas. De las muestras recolectadas en la totalidad de las explotaciones visitadas, se obtuvieron datos referentes a la concentración de macronutrientes (%) (Cuadro 20).

Cuadro 20. Concentración de Nitrógeno Total, Nitrógeno Inorgánico (amonio+nitrato), Fósforo y Potasio en el estiércol de las explotaciones en estudio.

Estadístico	N total (%)	N inorgánico (mg kg ⁻¹)	P (%)	K (%)
MEDIA (x)	1.77	180.53	0.65	1.32
D.E. (s)	0.44	377.49	0.26	0.55
C.V. (%)	24.89	209.11	39.44	41.29
MAX	2.56	2089.82	1.26	2.98
MIN	0.44	16.41	0.29	0.52

Como se puede observar, los resultados correspondientes al contenido de Nitrógeno total en las muestras de estiércol analizadas muestran una variación reducida (Desv. Est. 0.44), mientras que para el contenido de Nitrógeno inorgánico la variación entre las muestras analizadas es bastante marcada (Desv. Est. 377.49).

Las variaciones en el contenido de Nitrógeno amoniacal, pueden estar directamente relacionadas con el tiempo que el estiércol permanece en los corrales antes de su limpieza, así como de la forma en que el estiércol es almacenado dentro de la explotación (Morelra y Satter, 2006).

Por su parte las concentraciones de Fósforo y Potasio en las excretas estudiadas mostraron variaciones mayores a las que presenta el contenido de N total pero menores al contenido de N inorgánico (C.V. 39.44 y 41.29 % respectivamente).

Como todos los análisis están en base a peso seco, la importancia de conocer la concentración de nutrientes esenciales para los cultivos en el estiércol, es que se puede estimar la cantidad de N y P que se aporta con una determinada dosis de estiércol.

Por ejemplo, de acuerdo con los resultados del presente estudio, el estiércol (en peso seco) de esta región aporta en promedio 17.7 kg ton^{-1} de N y 6.5 kg ton^{-1} de P (igual a 14.9 kg ton^{-1} de P_2O_5 , que es la forma equivalente a unidades de fertilizante).

Una dosis promedio de 15 ton ha^{-1} que se aplica en esta región, aportaría entonces 265 kg ha^{-1} de N (45% disponible durante el primer año de aplicación), y 223 kg ha^{-1} de P_2O_5 (80% disponible durante el primer año).

Las cantidades de N y P que aporta el estiércol deben sustituir cantidades equivalentes de fertilizantes para reducir costos de producción de los cultivos y disminuir el impacto ambiental de la producción de leche en la región.

La disponibilidad de los microelementos, es de suma importancia para un adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener mejores rendimientos. Cuando existen deficiencias de uno o más elementos menores, éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y rendimiento de los cultivos, aunque pudiera haber cantidades óptimas de los otros nutrientes.

La información recolectada en el punto 2.8 de esta temática describe las funciones principales de estos elementos. En el cuadro 21, encontramos los promedios de Sodio, Magnesio y Calcio donde los promedios van desde 0.35, 0.60 y 0.91 (%) respectivamente.

Cuadro 21. Concentración de Calcio, Sodio y Magnesio en el estiércol de las explotaciones en estudio.

	Na (%)	Mg (%)	Ca (%)
MEDIA (x)	0.35	0.60	0.91
D.E. (s)	0.14	0.19	0.83
C.V. (%)	39.55	31.73	90.56
MAX	0.68	1.09	3.31
MIN	0.19	0.26	0.01

Salazar *et al.*, 2009, realizó un estudio en la región Lagunera, en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ), donde utilizó estiércol de bovino con una humedad al 10%, aplicado al inicio agrícola.

La distribución de los tratamientos en campo se realizó bajo un diseño de bloques al azar y un arreglo en franjas con tres repeticiones (Martínez, 1996), teniendo un total de doce tratamientos en unidades experimentales de 72 m². Donde obtuvo promedios de 0.42 y 0.38% de Na, 0.30 y 0.34% de Mg y 1.75 y 1.78% de Ca.

Así mismo Salazar en 2003, evaluó las características físicas y químicas de estiércol bovino en 4 muestras a diferentes profundidades de una pila a 1 m de alto donde:

NUMERO MUESTRA	Prof. cm	Ca %	Mg %	Na %
1	0-15	3.38	0.71	0.97
2	15-30	3.47	0.76	1.02
3	30-45	3.41	0.72	1.07
4	45-60	3.31	0.71	0.98

Fuente: Características químicas del estiércol bovino 2003.

El **Na** tiene similitud con los primeros estudios de Salazar y está por debajo de lo que reporta en las diferentes 4 muestras en el 2003, ya que se tiene un promedio de 0.35% en nuestros resultados.

Cuando el suelo está saturado de sodio en un 15% o más, o existe una cantidad apreciable de carbonato de sodio en el suelo, el valor de pH puede ser entre 8.5 y 10 (Turk *et al.*, 1980).

El **Mg** tiene un promedio de 0.60%, haciendo una comparación con los resultados de Salazar en el 2009 estamos en un porcentaje alto, pero por debajo de lo que el obtiene en el 2003 de sus diferentes muestras.

El Mg se presenta en el suelo como catión Mg^{2+} y Mg intercambiable en los coloides del suelo. El Mg es el elemento esencial que en mayor cantidad se encuentra en la molécula de clorofila. Sirve como cofactor de muchas enzimas que activan el proceso de fosforilación, actúa como puente entre ATP o ADP y la molécula enzimática y estabiliza las partículas de ribosoma durante la síntesis de proteínas (Rodríguez, 2002).

No hay síntomas de toxicidad cuando el contenido de Mg en suelo es alto sin inducir deficiencias de Ca o K; sin embargo, un desequilibrio entre estos tres a favor del Mg reduce el crecimiento de la planta (Rodríguez, 2002).

De acuerdo a los resultados de concentraciones de Ca en los suelos muestreados, no existen riesgos para el adecuado crecimiento de las plantas y dichos suelos pueden ser destinados a la agricultura con grandes posibilidades de éxito.

El **Ca** tiene promedio de 0.91%, comparando los resultados de Salazar del 2009 y 2003, está por debajo que obtuvo Salazar. El Ca existe como catión Ca^{2+} en el suelo, los suelos con pH mayor a 8.0 pueden contener grandes cantidades de Ca en forma de precipitados como CaCO_3 y CaSO_4 (Rodríguez, 2002).

El Ca desempeña una función importante para mantener la integridad celular y la permeabilidad de la membrana de las plantas, aumenta la germinación y el crecimiento del polen, activa gran cantidad de enzimas involucradas en la mitosis celular, división y elongación y puede ser importante en la síntesis de proteínas y la transferencia de carbohidratos; además la presencia de Ca puede servir para eliminar metales pesados cuando están presentes en la planta (Rodríguez, 2002). Los síntomas por exceso de este nutriente en las plantas son: baja concentración de Mg o K debido a que el Ca interfiere con la absorción de estos (Rodríguez, 2002).

En el cuadro 22, está representado por los micronutrientes que son Magnesio, Zinc, Cobre y Hierro que presentan un valor medio de 457.70, 155.97, 30.10, y 11745.70 ppm respectivamente. Salazar *et al.*, 2003. De 4 muestras de estiércol bovino tomadas a diferentes profundidades de una pila de 1 m de alto, encontró promedios para Mn, Zn, Cu y Fe.

Cuadro 22. Concentración de Manganeso, Zinc, Cobre y Hierro en el estiércol de las explotaciones en estudio.

	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)
MEDIA (x)	457.70	155.97	30.10	11745.70
D.E. (s)	214.59	72.98	9.46	8586.65
C.V. (%)	46.88	46.79	31.41	73.10
MAX	1098.34	409.67	53.36	29994.00
MIN	81.37	78.98	14.19	1190.67

El **(Mn)** Salazar obtuvo 560, 620, 600, y 590 ppm, el promedio de este elemento es de 457.70 ppm, estando por debajo de lo que encontró Salazar. La concentración de Mn está por encima del límite de 200 ppm, considerado como mínimo para la nutrición de las plantas, de manera que estas no presenten síntomas de toxicidad (Rodríguez, 2002).

El Mn es un micronutriente esencial que está involucrado en los procesos de oxidación y reducción, en el sistema de transporte de electrones fotosintéticos, es esencial para la fotólisis, actúa como un puente ATP del complejo enzimático fosfoquinasa y activa la oxidasa del AIA (ácido indolacético). Un exceso de Mn en las hojas viejas causa manchas color café rodeadas por una zona clorótica o círculo (Rodríguez, 2002).

El **(Zn)** Salazar obtuvo 200, 198, 206 y 198 ppm, donde el promedio de este elemento es de 155.97 ppm y estando por debajo de lo encontrado por Salazar. El Zn es suficiente en intervalos de 15 a 50 ppm, llegando a considerarse deficiente por debajo de las 12 ppm (Rodríguez, 2002).

El Zn es un micronutriente esencial que está involucrado en las mismas funciones enzimáticas que el Mn y Mg. De esta manera, el exceso de Zn en las plantas particularmente sensible al Fe se manifiesta en una clorosis (Rodríguez, 2002).

El **(Cu)**, Salazar obtuvo 49, 45, 53 y 47 ppm, el promedio de este elemento es de 30 ppm, estando muy por debajo de que Salazar obtiene el aporte de los cultivos, ya que se concentra en las raíces de las plantas y juega un papel importante en el metabolismo del nitrógeno, el exceso de cobre puede causar toxicidad, Rojas et al., 1993.

El **(Fe)**, Salazar obtuvo 10,960, 12,300, 11,250 y 11,200 ppm, el promedio de nuestro elemento fue de 11,745.70 ppm, esto indica un incremento algo amplio de este elemento ya que puede variar porque el Fe, de los suelos de la región de los Altos ya contiene un exceso de este elemento.

El Fe, existe en el suelo como catión férrico (Fe^{3+}), ferroso (Fe^{2+}), la forma ferrosa es la aprovechable para las plantas, el contenido de este elemento varía de 10 a 10000 ppm, con un intervalo de diferencia de 50 a 75 ppm, de acuerdo a esta información sobrepasan dichos límites, teniendo una interacción Fe con otros nutrientes como el P, K y N (Trujillo, 2008).

Inicialmente se descarta que el N contribuya porque no existe deficiencia de Fe, probablemente si existe un incremento en la movilidad y solubilidad de Fe debido a las altas concentraciones de K y finalmente la solubilidad reducida ya que el P es bajo (Trujillo, 2008).

7. CONCLUSIONES

- La información permitió identificar el manejo del estiércol bovino en las explotaciones lecheras familiares en los Altos Jalisco, así como la composición química del estiércol generado en este sistema y su potencial como fertilizante.
- La tesis cumple con la hipótesis del trabajo ya que teniendo en consideración todos los parámetros elegidos podemos conocer o estimar las concentraciones de nutrientes, tiempo de acumulación, y los factores que alteran estos (humedad, pH, conductividad eléctrica entre otros), contenidos en el estiércol, y así hacer un buen uso para reducir la contaminación ambiental y reducir costos de la fertilización de los cultivos.
- El pH y C.E. dentro de este estudio mostró que hay una amplia variación en estos dos rangos el primero de 8.01 y el segundo de 6.07 esto dependerá de la temperatura, humedad que presenten. El pH es alcalino pero no impide o afecta en el desarrollo del cultivo, mientras que la C.E. es relativamente baja esto hace que tenga un mejor desarrollo en lo antes mencionado que es el suelo y el cultivo.
- Los promedios del Nitrógeno (N), Fosforo (P), y Potasio (K) son de 1.77%, 0.65% y 1.32% respectivamente, siendo el nitrógeno que más se pierde por volatilización. Aunque las concentración de fosforo y potasio no es mayor a las del contenido del nitrógeno, este también se pierde por lixiviación o filtración en el suelo.

- El almacenamiento del estiércol acumulado en los establos es de 171 días (5.7 meses), siendo un factor para provocar pérdidas de los nutrientes ya mencionadas anteriormente.
- El manejo del estiércol en las lecherías de la región de los Altos de Jalisco, indica que el 30% de las explotaciones analizadas, vende o regala el estiércol a las ladrilleras, o simplemente dejándolas expuestas al contacto con el suelo y el aire, incrementando la contaminación ambiental.
- Se observó una elevada variación en las dosis de aplicación del estiércol como fertilizante, evidenciando la falta de herramienta (palas, carretillas, etc.), para fertilización así como el análisis de suelo o las necesidades nutricionales del cultivo a fertilizar.
- Como conclusión, todos los parámetros como de limpieza y acumulación del estiércol en los corrales son inadecuados, perdiéndose los nutrientes por medio de volatilización y lixiviación, la aplicación del estiércol a los cultivos varea ya que el exceso de estiércol supera las superficies de tierra para los cultivos, acumulando el estiércol, aumentando el pH, C.E., los macro y micronutrientes, haciendo un mal manejo del estiércol en todas las explotaciones estudiadas por falta de información, recursos, alternativas para mejorar esta situación es el uso de compostas, digestores para generar electricidad, o conociendo la normatividad mexicana (NOM), para ayudar al medio ambiente.

8. ALCANCES Y RECOMENDACIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

A. La tesis presentada es Demostrativa, la cual determinó la concentración de nutrientes en el estiércol de los establos de lechería familiar de los Altos Jalisco.

B. Al darle continuidad al presente proyecto seguir las siguientes recomendaciones:

1. Aumentar el número de establos estudiados.
2. Agregar variables relacionadas con producción de otros contaminante, gases efecto invernadero. Siguiendo las metodologías internacionales.

9. LITERATURA CITADA

A. Bianchini. 2006. Nutrición de verdes y pasturas. Segundo Congreso Nacional de Conservación y Uso de Forrajes. AAPRESID. www.produccion-animal.com.ar

AEMA, Agencia Europea de Medio Ambiente, 1997-2001. <http://eea.eu.int>.

Agenda para el Desarrollo de la región Altos Norte. 2002. Comité de planeación para el Desarrollo del Estado Dirección General del Desarrollo Técnico Metodológico. www.jalisco.gob.mx/wps/wcm/connect. (Consultado el 12 de abril de 2010).

Simposio Internacional Symposium on Livestock Wastes. Am. Soc. Of Ag. Engineers. North Carolina State University, USA. Pag. 159-162.

Arriaga, J. C., Espinoza, O. A., Albarran, P. B., Castelan, O. O., 1998. La producción de leche en pequeña escala en el centro de Mexico. En: seminario los pequeños productores rurales: las reformas y las opciones. El colegio de Mexico. 10 de Septiembre. Mexico.

ASABE. 2005. Manure Production and Characteristics. ASAE Standard D384.2. American Society of Agricultural and Biological Engineers. St. Joseph, MI. pp: 19.

Asea. 2005. Manure Production and Characteristics. Publication ASEA D384.2 MAR 2005.

Beare, M. H., Vikram Reddy, M., Tian, G. y Srivastava, S. C. (1997) 'Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics, the role of decomposer organisms', Applied Soil Ecology, vol. 6, pp. 87–108.

- Bekkering, J., A. A. Broekhuis, and W. J. T. van Gemert. 2010. Optimisation of a green gas supply chain –A review. *Biores. Technol.* 101: 450-456.
- Bernal MP, Cegarra J, Roig A, Sánchez-Monedero MA, Paredes C (1998a) Composting of organic wastes as a strategy for producing high quality organic fertilizers. 8th International Conference of the RAMIRAN Network. FAO European Cooperative. 171-182.
- Bonkowski, M., Griffith, B. S. y Ritz, K. (2000) 'Food preference of earthworms for soil
- Bouwman, A. F., and H. Booij. 1998. Global use and trade of feedstuffs and consequences for the nitrogen cycle. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 52: 261-267.
- Bundy, L. G. 2004. Corn fertilization. College of Agricultural and Life Sciences, University of Wisconsin-Madison and University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension. Produced by Cooperative Extension Publishing. Disponible en <http://www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A3340.pdf> .
- Camara, K. M., Payne, W. A. and Rasmussen, P. E. 2003. WHEAT Long-Term Effects of Tillage, Nitrogen, and Rainfall on Winter Wheat Yields in the Pacific Northwest. *Agron. J.* 95:828-835.
- Capulin, G. J., E. R. Nuñez, B. J. Etchevers, y C. G. Baca. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia* 35: 287-299.

Castellanos, J. Z., J. Etchevers B., A. Aguilar S. y R. Salinas J. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región irrigada del norte de México. Terra 14:151-158 pp.

Castellanos, J. Z., J. J. Márquez O., J. D. Etchevers, A. Aguilar Santelises y J. R. Salinas. 1996. Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of northern Mexico. Terra 14: 151-158.

Cervantes E.F., V.H. Santoyo C. y M. Álvarez A. 2001. Lechería familiar, factores de éxito para el negocio. 1ª ed. UACH/CIESTA-AM-PIAI/CONACYT. Plaza y Valdez Editores. México.

Cervantes E.F., V.H. Santoyo C. y M. Álvarez A. 2002. El proceso de desintegración de grupos lecheros en la región de los Altos de Jalisco: contradicciones y tendencias. Sociedad rurales, producción y medio ambiente 3(2): 23-37.

Chadwick, D., S. Sommer, R. Thorman, D. Fanguero, L. Cardenas, B. Amon, and T. Misselbrook. 2011. Manure management: implications for greenhouse gas emissions. Anim. Feed Sci. Technol. 166-167: 514-531.

Chet, I. y Baker, K. F. (1980). Induction of suppressiveness to *Rhizoctonia solani* in soil', *Phytopathology*, vol. 70, pp. 994–998.

Ciria, C. J., Villanueva, M. R., Ciria G. de la T. J., 2005. Avances en nutrición mineral en ganado bovino. IX seminario de pastos y forrajes, 2005.

Coll, D. 1995. La ganadería y la producción de residuos. En Zootecnia base de producción animal. Tomo IV genética, patología, higiene y residuos animales, 243-300. C. buxade, ed Mundi-Presa, Madrid.

Comisión del CODEX Alimentarius 1997. Manual de procedimientos. Roma, Italia.

Cueto W., J.A., J.Z. Castellanos R., U. Figueroa V., J.M. Cortés J., D.G. Reta S. y C. Valenzuela S. 2005. Uso Sustentable de Desechos Orgánicos en Sistemas de Producción Agrícola. Folleto Técnico. INIFAP-CENID-RASPA.

Dao T. H., y M. Cavigelli A. 2003. Mineralizable carbón, nitrogen, and wáter-extractable phosphorus reléase from stockpiled and composted manure and manure-amended soils. Agron. J. 95:405-413.

Devlin RM (1982) Fisiología vegetal. 4ª ed., Omega, S.A., España, pp270-275.

Domínguez, V. A. 1989. Tratado de fertilización. 2^{da} edición. Pp 125-178.

Fageria, N.K.; Baligar, V.C. and Charles Allan Jones (Eds.). 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Oekker Inc., New York, USA.

FAO. 2002. Integración por zona de la ganadería y de la agricultura especializada (AWI): opciones para el manejo de efluentes de granjas porcinas de zona centro de México. Reporte de iniciativa de la ganadería, el medio ambiente y el desarrollo (LEAD). Disponible en: <http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X63372s/x6372s05.htm#bm05>.

FAO. 2002. Los fertilizantes y uso. Cuarta edición. Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación asociación internacional de la industria de los fertilizantes. Roma.

FDA y CFSAN (Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition). 1999. Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y vegetales. Washington, D.C.

Fortis-Hernández, M., Leos-Rodriguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Corona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., Garcia-Hernández, J. L., Orozco-Vidal, J. A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de Maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana, Vol. 27, Núm. 4, Octubre-Diciembre, 2009, pp. 329-336. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Gallardo N., J. L. 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México. Coordinación General de Ganadería.

Galler WS, Davey CB. 19971. High rate poultry manure composting with sawdust. In livestock Waste Management and pollution. Abatement. Procc. Of the Fungi, Pedobiologia, vol. 44, pp. 666–676.

García S., M. L. 2009. Manual de prácticas de fisiología y manejo postcosecha María García Sahagún. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México Universidad Guadalajara.

García, A., 2005. "propiedades del suelo", Área de edafología y química agrícola, departamento de biología y producción de los vegetales, universidad de Extremadura, España. [Http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5Programa.htm](http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5Programa.htm).

Gasque, G.R., y O. M. Blanco A. 2004. Sistema de producción animal I, Volumen 1. Bovinos. 2ª ed. México. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México.

Guía Agricultura. 2009. Laboratorios A-L de México S.A. de C.V. Guadalajara, México. <http://www.allabsmexico.com.mx/index.html>.

Hawksworth, D. L. (1991) 'The fungal dimension of biodiversity, magnitude, significance and conservation', *Mycological Research*, vol. 95, pp. 641–655.

Hawksworth, D. L. y Rossman, A. Y. (1997) 'Where are all the undescribed fungi, *Phytopathology*, vol. 87, pp. 888–891.

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=348

citado el 18 y 19 de abril del 2012.

IEM. R., 1956. Les champignons divinatoires utilices dans les rites des indes Mazateques, recuillis au cours de leur premier voyage au Mexique, en 1953, par Mme. Valentina pavlovna Wasson et M. R. Gordon Wasson. *Comp.. Rend. Acad. Sei.* 242:956-967.

INEGI 1998. La ganadería familiar en Mexico. Aguascalientes, Mexico. Pp 1-12.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds). Published: IGES, Japan. Vol 4. (10) pp: 87.

J.J. Olmos Colmenero, J.R. Blazek, M. E. Castellanos. 2007. Análisis de la eficiencia de utilización de Nitrógeno y Fosforo en granjas lecheras de los Altos Jalisco. 1^a Reunión Internacional de Leche y Forraje. Pp 35-45.

Jalali, A. H., Bahrani, M. J. and Kazemeini, A. R. 2012. Weed Nitrogen Uptake as Influenced by Nitrogen Rates at Early Corn (*Zea mays* L.) Growth Stages. J. Agri. Sci. Tech. 14:87-93

Jung KJ, Yang EJ. E. 2001. Recycling technology of livestock wastes. 163-194 pp. In: proceeding of a seminar in commemorations of FFTC's 30 anniversary national Taiwan University (Ed) Issues in the management of agricultural resources. Taipéi, Taiwán.

Kant. S., Kafkafi., 1994. Absorción de potasio por los cultivos en distintos estados fisiológicos.

Kennet. W. W., Kennet D. G., Raymond. E. D. 1992. Química General. Tercera Edición (Segunda edición en español). McGraw Hill.

Krider ND. 1991. Innovatite utilization of animal waste. In: National Livestock poultry and Aquaculture Waste Management Proc. of the National Workshop. Am Soc. of Ag.

León, A., R., 2007. Acidez y alcalinidad (pH) o reacción del suelo. Curso de diagnóstico de suelos en campo. España.
<http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive2007/04/24/64266.aspx>.

Lodge, D. J. (1993) 'Nutrient cycling by fungi in wet tropical forests', in S. Isaac, J. C. Frankland, R. Watling y A. J. S. Whalley (Eds) *Aspects of Tropical Mycology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 37–58.

Lupwa YI n. z., m. Girma, y I. Haque. 2000. Plant nutrient content of cattle manures from Small-scale farms and experimental station in the Ethiopian highlands. *Agriculture, Ecosystems and environment*. 78:57-63.

Márquez-Haces M (2003) Estudio de la aceleración del compostaje de residuos de jardinería por incubación de hongos *Trichoderma* spp. Tesis de Maestría. Instituto de Minatitlan, Veracruz, 87 pp.

Massé, D. I., G. Talbot, and Y. Gilbert. 2011. On farm biogas production: A method to reduce GHG emissions and develop more sustainable livestock operations. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167: 436-445.

Mazzola, M. (2002) 'Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases, *Antonie van Leeuwenhoek*, vol. 81, pp. 557–564.

Mazzola, M. (2004) 'Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression', *Annual Review of Plant Pathology*, vol. 42, pp. 35–59.

Medina, L. S. 2010. Trabajo de Tesis Situación actual de producción y manejo del estiércol en el municipio de Texcoco. Montecillo, Texcoco, Edo. De México, Mayo.

- Merkel, J. A. 1981. Managing livestock wastes. Ed. Avi publishing company. USA. Pp. 415.
- Meyer, D. 2000. Dairying and the environment. J. Dairy Sci. 83:1419-1427 pp.
- Miner, J. R., F. J. Humenik, and M. R. Overchash. 2000. Managing Livestock Wastes to Preserve Environmental Quality. Environmental Quality. Iowa State Univertisy Press. Ames, IA, USA. pp: 318.
- NAS (National Academy of Science). 2001. Methane Generation from Human, Animal, and Agricultural Wastes. Books for Business. Washington, D. C. USA. pp: 144.
- Nennich, T. D., Harrison, J.H., VanWieringen, L.M., Meyer, D., Heinrichs, A. J., Weiss, W. P., St-Pierre, N. R., Kincaid, R. L., Davidson, D. L. and Block, E. 2005. Prediction of Manure and Nutrient Excretion from Dairy Cattle. J. Dairy Science 88:3721-3733.
- NRC 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th Revised Edition National Research Council. National Academy Press. Washington DC USA. 157 pp.
- Ortíz V., B., 1973. Edafología, primera edición, Mexico, patronato de la escuela nacional de agricultura A.C., 18 a 19, 25 a 27, 59 a 61, 78 a 79 y 161 pp.
- Otero, Sen, O. T. (2010). Producción y Evaluación de vermicomposta en hormigueros, sierra Nanchititla, México.

P.A. Barbieri., H.E. Echeverría., H.R. Sainz Rozas. 2003. Respuesta del cultivo de maíz irrigado de macronutrientes y Zinc y su concentración en plantas en Balcarce. RIA. Revista de Investigación Agropecuaria. Agosto, año/vol. 32, numero 002. Institución Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aries. Argentina. Pp. 97-112.

Paredes C, Bernal MP, Roig A, Cegarra J (2001) Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes. Biodegradation 12: 225-234.

Paredes C, Roig A, Bernal MP, Sánchez-Monedero MA, Cegarra J (2000) Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. Biol Fertil Soils 32: 222-227.

Pérez G. F., Martínez L. J.B. 1994 .Introducción a la fisiología vegetal.

Peters, J. 2003. Recommended methods of manure analysis. University of Wisconsin. A3769.

Pfenning, L. H. (1997) 'Soil and rhizosphere microfungi from Brazilian tropical forest ecosystems', in K. D. Hyde (ed) Biodiversity of Tropical Microfungi, Hong Kong University Press, Hong Kong, pp. 341–365.

Rodrigues-Guzman, M. P. (2001) "Biodiversidad de los hongos fitopatógenos del suelo de Mexico', Acta Zoológica Mexicana, special issue no 1, pp. 53–78.

Rodríguez, H. y Rodríguez J., 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas: Criterios de interpretación. Primera edición, México, Editorial Trillas, 32 a 37, 40 a 55, 58 a 63, 69, 111 a 113, 124, 168 a 171, 173 a 176 y 181 a 185 pp.

Rodríguez, M.A., Córdova, A., 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. SEMARNAT, INE, GTZ.

Rojas GM (1993) Fisiología vegetal aplicada. 4ª Ed, Interamericana McGraw-Hill, México, pp122-123.

Romero, L., 1997. Abonos orgánicos y químicos en producción sanidad y absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados, Mexico.

SAGARPA. 2000. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000. Dirección de Ganadería. México, México. www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/sitlech99.pdf.

SAGARPA. 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México 2004. Coordinación General de Ganadería. In: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. (Consultado 11 de junio de 2007).

Salazar. S. E., López. M. J.D., Zúñiga. T. R., Vázquez. V. C., Fórtiz. H. M., Vital. S. J. 2003. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero.

Sánchez, P.M.A. 1985. El sistema socioeconómico de la producción de leche en los Altos de Jalisco. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. México. p. 149.

Sánchez, V. J. 2000. Fertirrigación: Principios, Factores, Aplicaciones. Seminario de Fertirrigación: Apukai-Comex Perú Lima, 28 de Febrero.

Sánchez-Monedero, M.A., Roig A., Paredes, C. y Bernal, M.P. (2001) Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.*, 78(3):301-308.

SAS Institute. 1998. User's guide: statistics. Versión 6. Editions SAS Institute, Inc., Cary, N.C.

Schneider, R. W. (1984). *Suppressive Soils and Plant Disease*, APS Press, St. Paul, MN.

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. 2000. Normas. Mexico. D.F.

Sharpe, R., and N Skakkebaek. 1993. Are oestrogens involved in falling sperm counts and disorders of the male reproductive tract the *Lancet* 341: 1392-1395.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. <http://www.siap.gob.mx> consultado el 01 de octubre de 2012.

Smith, JJ. 1991. Our responsibility in animal waste management in: *National Livestock poultry and Aquaculture Waste Management proc. Of the National Workshop*. Am. Soc. Of Ag. Engineers. Eds. Blake, J., J. Donald and W. maggette. *Agronomy and Product Development*, USA. Pp 121-127.

Tamminga, S. 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *Journal of animal science*. 74:3112-3124.

Thomassen, M. A., K. J. van Calker., M. C. J. Smits., G. L. Iepema., and I. J. M. de Boer. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agric. Systems* 96(1-3): 95-107.

Turk, L.M., H.D. Foth y C.E. Milliar, 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo, Primera edición, Cuarta impresión, México, Compañía Editorial S.A., 41, 42, 83, 84, 153 a 157, 179, 180, 215, 217 a 222, 237 a 242, 324, 325 y 338 a 341 pp.

University of Maryland and Food Safety (UMFDA). 2002. Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas: manual de formación para instructores. Symons Hall, Collage Park, MD 20742. USA.

Van Bruchem, J., H. Schiere, y H. van Keulen. 1999. Dairy farming in the Netherlands in transition towards more efficient use. Livest. Prod. Sci. 61:145-153.

Wainwright, M. (1988) 'Metabolic diversity of fungi in relation to growth and mineral cycling in soil: A review', Transactions of the British Mycological Society, vol. 90, pp. 159–170.

Welch, L.F. and Flannery, RL. 1985. Potassium nutrition of corn pp. 647-664. In: RD. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison. WI.

Whipps, J. M., McQuilken, M. P. y Budge, S. P. (1993) 'Use of fungal antagonists for biocontrol of damping-off and Sclerotinia disease', Pesticide Science, vol. 37, pp. 309– 317.

ANEXOS

ENCUESTA MANEJO DE ESTIÉRCOL

1. Nombre del rancho _____
2. Nombre del Administrador _____
3. Nombre del Encuestado _____
4. Nombre de la Localidad _____
5. Nombre del Municipio _____
6. Cada cuando se limpian los corrales _____
7. Cantidad estimada de estiércol producido _____
 - a. ¿acumulan estiércol fuera de los corrales antes de aplicarlo? _____
 - b. ¿por Cuánto tiempo? _____
 - c. Dosis de aplicación de estiércol _____
 - d. Cada cuanto se aplica? _____
 - e. ¿En qué cultivos? _____
 - f. Con que equipo aplican estiércol _____
 - g. ¿Cuánto tiempo pasa entre la aplicación y la incorporación? _____
 - h. Cuantos días antes de la siembra se aplica? _____
 - i. ¿En qué época del año se aplica? _____
8. ¿Hacen composta? _____
 - a. ¿Cuántas toneladas por año? _____
 - b. Dosis de aplicación de composta por ha _____
 - c. ¿con que equipo aplica composta? _____
 - d. ¿Cuánto tiempo pasa entre la aplicación y la incorporación? _____
 - e. 14.- Cada cuando se aplica? _____
 - f. ¿En qué época del año? _____
 - g. ¿En qué cultivos? _____
 - h. ¿con que equipo aplican composta? _____
 - i. ¿Cuánto tiempo pasa entre la aplicación y la incorporación? _____
 - j. Cuantos días antes de la siembra se aplica? _____
 - k. Dosis de aplicación de estiércol _____
 - l. En qué época del año se aplica _____