

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Estado actual del Tratamiento de agua Residual en el estable Lechero el porvenir

TESIS

QUE PRESENTA

JOSÉ LUIS PÉREZ DÍAZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"Estado actual del Tratamiento de agua Residual en el establo Lechero el porvenir"

TESIS ELABORADO POR EL C. JOSÉ LUIS PÉRES DÍAZ. QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES.

COMITÉ EXAMINADOR:

PRESIDENTE


MC. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ

VOCAL


MC. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

VOCAL


DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE


ING. RUBI MUÑOZ SOTO


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA.
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.

"Estado actual del Tratamiento de agua Residual en el establo Lechero el porvenir"

TESIS ELABORADO POR EL C. JOSÉ LUIS PÉREZ DÍAZ. BAJO SUPERVISIÓN
DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES.

APROBADA POR:

Asesor Principal: _____

MC. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ

Asesor: _____

MC. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

Asesor: _____

DR. ALFREDO OGAZ

Asesor: _____

ING. RUBI MUÑOZ SOTO

DR. FRANCISCO JAWER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.2. Objetivo general	4
1.2.1 Objetivos específicos	4
1.3. HIPOTESIS.....	4
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.	5
2.1. Historia de la ganadería en México.....	5
2.2. Organizaciones Lecheras en los altos Sur de Jalisco; un análisis de las interacciones productivas.....	7
2.3. La producción Lechera en los altos de Jalisco.....	7
2.4. México en el sistema Agroindustrial lácteo en América del Norte.....	8
La Región.....	8
2.5. México en el TLCAN Lechero.	9
2.6. Dependencia del sistema agroindustrial Lechero Mexicano.	11
2.7. Importancia de la Producción de Leche en México.....	11
2.8. Participación del Estado en el desarrollo Lechero	12
2.9. Explotaciones Lecheras y Medio Ambiente.....	12
2.10. Evolución de la estructura y práctica en las explotaciones Lecheras.....	14
2.11. Políticas Agrícolas en apoyo a la producción Lechera.....	15
2.12. Medidas políticas para abordar cuestiones medioambientales del sector Lechero.....	17
2.13. Producción láctea ecológica-medidas políticas y evolución del mercado	17

2.14. Ley General de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente.	17
2.15. Ley de Aguas Nacionales.....	18
2.16. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.....	18
2.17. Procesos de tratamiento de Aguas Residuales.....	20
2.18. Tratamiento Preliminar.....	21
2.19. Tratamiento primario.	21
2.20. Tratamiento Secundario.....	22
2.21. Separador de Sólidos en los Establos Lecheros.....	22
2.22. Biodigestores.	24
2.23. Lagunas de estabilización	26
2.24. Importancia de la Producción de Leche en México.....	27
2.25. Producción Lechera en Torreón Coahuila.....	27
2.26. Región de Estudio.....	28
2.27. Torreón Coahuila.	29
2.28. Municipio de Francisco I. Madero.	29
2.29. Metales Pesados en el Ambiente.....	30
2.30. Cinc (Zn).	31
2.31. Arsénico (As).....	32
2.31. Origen del Arsénico.....	32
2.32. Enfermedades que Provoca el Arsénico.	33
2.33. Plomo (Pb)	33
2.33.1.Fuentes de Contaminación de Pb en México.....	34
2.33.2. Problema del Pb en Torreón Coahuila.	35
2.33.4 . Efecto del Plomo en la Salud.	36
2.33.5. Plomo en el Medio Ambiente	36
2.34. Cadmio (Cd).....	37

2.34.1. Efectos del Cadmio en la Salud	37
2.34.2. Cadmio en el Ambiente Ocupacional.	38
2.35. Minería.	38
2.36. Aire.....	38
2.37. Agua.....	39
2.38. Suelo.	39
2.39. Conductividad eléctrica del Agua (CE).....	39
2.40. Potencial de Hidrógeno (PH).....	40
2.41. Magnesio (Mg).	40
2.42. Efectos del Magnesio sobre la Salud.	41
2.43. Efectos Ambientales del Magnesio	41
2.44. El Calcio en el Agua.....	42
2.45. Sodio en el Agua.	42
2.46. Cloruros.....	43
2.47. Nitratos.....	43
2.48. Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	44
2.49. Dureza.....	44
2.50. Costo de tratamiento	44
2.51. Cumplimiento de Norma.....	45
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1 Características Generales.....	46
3.2. Materiales.....	46
3.2.1. Agua Residual.....	46
3.2.2. Aparatos utilizados	46
3.3. Metodología	47
3.4. Procedimiento del experimento.....	47

3.5. Descripción del análisis fisicoquímico	47
3.5.1 Variables Evaluadas	47
3.5.2. Salinidad	48
3.5.3. Sodio (Na)	48
3.5.4. Magnesio (Mg)	48
3.5.5. Calcio (Ca)	48
3.5.6. Potencial de Hidrogeno (PH).....	48
3.5.7. Cloruros.....	48
3.5.8. Nitratos (No ₃)	49
3.5.9. Sólidos suspendidos totales (SST)	49
3.5.10. Arsénico (As).....	49
3.5.11.Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Zinc (Zn).....	49
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Análisis de agua residual	50
V.- Conclusiones.....	55
VII.- BIBLIOGRAFÍA.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos que deben seguir los Establos con descargas en ríos	19
Cuadro 2. Fechas de cumplimiento de cargas máximas contaminantes para las descargas en ríos.....	20
Cuadro 3. Producción Lechera anual en Torreón Coahuila	28
Cuadro 4. Costo de un biodigestor en función del número de vacas	45
Cuadro 5. Análisis químico de influente de agua residual al biodigestor	52
Cuadro 6. Análisis químico de agua residual de la descarga del establo Comparado con Los límites indicados en la Norma Oficial	53
Cuadro 7. Concentración de metales pesados de entrada y salida de agua del biodigestor.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Separador de sólidos del establo Rancho el porvenir	23
Figura 2. de biodigestor.	24
Figura 3. Mapa de localización del sitio de la cuenca lechera de Francisco I. Madero Coahuila.....	30
Figura 4. Contenido de metales pesados en el agua antes y después de la digestión.....	54

DEDICATORIA

A mis padres, Rosa y Lucas.

A mis hermanos, Hilario y Lucas Ausencio

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inconmensurablemente a mis padres, Lucas Pérez Hernández y Rosa Díaz Hernández, que me dieron la vida y me han enseñado a volar, por educarme con valores mediante el ejemplo y permitirme crecer en una linda familia, por sus cuidados y consejos. Agradezco que me enseñaron a luchar por lo que vale la pena, a ser servicial, y a intentar hacer una diferencia constructiva para dejar este mundo en mejores condiciones de cómo lo encontré. A mis hermanos, Hilario y a Lucas, que me apoyan y demuestran su efecto aunque la distancia nos separe, que critican mis fallos y celebran mis triunfos, porque sus ideas enriquecen mi existencia, gracias hermanos porque sin ustedes el universo que conozco no existiría.

A mis amigos y compañeros del grupo, con quienes hubo un enriquecedor intercambio de conocimientos e inolvidables momentos de convivencia.

A la UAAAN que me permitió conocer excelentes personas que han dejado huella en mi vida.

Agradezco infinitamente a los profesores que se prepararon día con día para instruirme y que además de conocimientos impartieron valores. Al Ing. Miguel Ángel Urbina Martínez, a la Ing. Rubí Muñoz Soto, al Dr. Alfredo Ogaz, al M.C Cynthia Dinorah Ruedas Alba, al M.C. Edgardo Cervantes Álvarez.

RESUMEN

Se identificaron los factores económicos, legales y sociales, que limitan la adquisición de las tecnologías que disminuyen los indicadores de contaminación de agua en los establos lecheros de Francisco I. Madero Coahuila. Se realizó visitas al establo lechero, para llevar a cabo un diagnóstico de la situación actual del tratamiento de agua residual. Las variables cuantitativas incluyeron el nivel de avance, la cantidad de desechos generados, el valor económico que representan, el costo de instalación de un biodigestor y los indicadores de calidad de agua. El nivel de avance de tratamiento de agua residual en el establo lechero es aceptable y no corresponde al número de animales. A pesar de la percepción positiva de los productores, éstos no están convencidos de la necesidad de mitigación del problema ambiental que genera su actividad. Por otro lado, no todos están dispuestos a invertir un tratamiento de residuos. La causa principal es la crisis económica por la que atraviesa el sector. Otros factores de importancia. La contaminación de las aguas superficiales, sean estas marítimas, fluviales o lacustres, es hoy una realidad inobjetable. Múltiples playas, ríos y lagos están contaminados por la descarga indiscriminada de aguas residuales. Sabemos que las actividades ganaderas producen desechos que en muchas ocasiones se transforman en contaminantes del agua. Estudios recientes sobre la contaminación de las aguas en la región metropolitana han demostrado que los niveles de metales pesados, cobre, hierro, manganeso y arsénico, entre otros exceden frecuentemente la norma de riego.

Palabras clave: Producción lechera, agua residual, biodigestores, percepción ambiental.

ABSTRACT

We identified the economic, legal and social issues that limit the acquisition of technologies that reduce water pollution indicators in dairy farms of Francis I. Madero Coahuila. We performed dairy farm visits, to conduct a diagnosis of the current situation of wastewater treatment. Quantitative variables included the level progresses, the amount of waste generated, the economic value they represent, the cost of installing a biodigester and water quality indicators. The level of advancement of wastewater treatment in the dairy barn is acceptable and not for the number of animals. Despite the positive perception of the producers, they are not convinced of the need for mitigation of environmental problems generated by its activity. On the other hand, not everyone is willing to invest a waste. The main cause is the economic crisis affecting the industry. Other factors of importance. Contamination of surface water, whether sea, river or lake, is indiscriminate discharge of sewage. We know that livestock produce waste that often becomes water pollutants. Recent studies of water pollution in the metropolitan now a reality unobjectionable. Multiple beaches, rivers and lakes are polluted by area have shown that levels of heavy metals, copper, iron, manganese and arsenic, among other frequently exceed the standard irrigation.

Keywords: dairy farms, wastewater, biodigester, environmental concern.

I. - INTRODUCCIÓN

México es un país históricamente deficitario en lácteos y cada año importa entre 30 y 38 por ciento del consumo nacional aparente de estos productos (CNOG, 2005).

Para reducir este déficit la tasa de crecimiento de producción debería ser mayor a la de la población lo que no ha sucedido en los últimos años. (Cesín *et al.*, 2006). La producción de leche en México ha aumentado hasta superar los 10 mil millones de litros en 2005 (SAGARPA, 2006).

Sin embargo, en los últimos periodos las tasas de crecimiento han sido inestables y con tendencia a la baja. Por otro lado, la participación porcentual de los diferentes sistemas de producción se está modificando, el tecnificado pasó de 24 a 51 por ciento y el familiar disminuyó de 21 a 9 por ciento en el periodo 1980-2000. (Alvares *et al.*, 2006).

Es necesario ubicar de manera esquemática cual ha sido el proceso de transferencia de capital, y en su caso, de tecnología de sector lechero mexicano Como un ejemplo del sector agropecuario.

Podemos identificar inicialmente el proceso de internacionalización del capital en la década de los cincuenta. Para este momento, en los EE.UU.

La revolución tecnológica se empieza a reflejar en la ganadería lechera, pues la expansión del hato lechero empieza a contraerse y la tendencia a producir más alimento con menos animales empieza a manifestarse hasta la actualidad en el año de 1945 el inventario ascendía a 27.7 millones de animales, disminuyendo a 9.281 para 1997.2 concentrándose cerca de la mitad en granjas lecheras con más de 100 animales.3 otro dato que permite comprender la magnitud de la eficiencia tecnológica es el rendimiento por animal, que en 1940 tenía un promedio de 2,86 kilogramos, obteniéndose en 1997 7,462.2 Estos datos reflejan como la tecnología lechera se manifiesta en el volumen producido del bien e indican también por otro

lado su surgimiento como un producto de exportación intensiva y altamente tecnificada de leche (Luis *et al.*,1998).

México es un país en el cual los datos más conservadores sobre la magnitud de la pobreza indican el 50 por ciento de la población. La cifra de los investigadores destacados en la temática señala que el 75 por ciento de la población nacional vive en pobreza (Boltvinik y Hernández, 1999).

Para el sector rural los datos ascienden al 92 por ciento; 78 por ciento de la población del campo vive en la ´pobreza extrema y 14 por ciento en pobreza moderada. Las dos regiones estudiadas, en su ámbito rural. Son un reflejo de esta prevaria situación de bienestar social.

En las dos regiones viven aproximadamente 18,000 ganaderos lecheros de un total de 150,000 productores a nivel nacional. La zona representa la cuenca lechera más importante de México que descansa sobre el sistema de producción familiar y aporta el 15 por ciento del total nacional. Se caracteriza por el predominio de pequeños productores que dispone de 30 vacas como máximo y casi no contratan fuerza de trabajo.

Cabe resaltar que por las condiciones ambientales la producción lechera es casi la única actividad económica viable hasta el momento. Se toma como estudio de caso la organización de los ganaderos alrededor de la venta colectiva de la producción de leche a empresas agroindustriales en lo particular a la transnacional Nestlé y el nacional sello rojo. (Cervantes *et al.*, 2007).

Los desechos del ganado son fuentes de nutrientes(N, P, K) para la producción de cultivos. Sin embargo, pueden contener una gran concentración de sales y afectar las propiedades del suelo, el crecimiento de los cultivos o ser una fuente puntual de contaminación, de las aguas superficiales y subterráneas si no son manejados adecuadamente Los nutrientes de las aguas residuales aplicadas a terrenos agrícolas se convierten en contaminantes si son transportados fuera de su lugar de transportación.

Las aguas residuales provenientes de la ganadería tienden hacer más concentradas que las domésticas y exhiben un amplio rango de contaminantes y características físicoquímicas que pueden influir en el sistema de tratamientos, por lo cual es importante contemplar las características de los desechos si se busca su reutilización y en base a estos establecer su manejo y posterior tratamiento (Sukias y Tanner, 2005).

1.2. Objetivo general

Identificar los factores económicos, legales y sociales, que limitan la adquisición de las tecnologías desarrolladas para disminuir los indicadores de contaminación establecidos por la normatividad vigente, en los establos Lecheros de Francisco I. Coahuila.

1.2.1 Objetivos específicos

- a) Diagnosticar la situación actual del tratamiento de aguas residuales en la cuenca lechera del Establo el Porvenir, considerando las fases de tratamiento instalados.
- b) Estimar el costo de un Biodigestor en función de las características particulares de los establos.

1.3. HIPOTESIS.

Los factores socioeconómicos como son el costo de la instalación del tratamiento, el acceso a los financiamientos y la percepción de los productos sobre la necesidad del manejo de residuos; impiden la adopción, mejora o mantenimiento del tratamiento.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Historia de la ganadería en México

México es un país históricamente deficitario en lácteos y cada año importa entre 30 y 38 por ciento del consumo nacional aparente de estos productos (CNOG ,2005).La producción de leche en México ha aumentado hasta superar los diez mil Millones de litros en 2005 (SAGARPA, 2006).

México se sitúa como un destacado importador mundial de productos lácteos y de insumos para el desarrollo de la actividad lechera, y como usuario de las tecnologías fijadas a partir del modelo de estados unidos y Canadá .sólo en los que concierne a la importación de leche en polvo para consumo directo, México ocupa el primer lugar en el mundo, lo que en términos de disponibilidad interna del producto significa un 35 por ciento del consumo nacional aparente (Del Valle, 1996).

El ganado bovino se ha convertido en parte del paisaje mexicano desde su introducción por los españoles en el siglo XV y, al igual que varios cultivos muy comunes hoy, día era desconocido por la población indígena hasta entonces (INEGI 1994).

Después de su introducción, y hasta principios del siglo XIX, la ganadería bovina aumento drásticamente, sobre todo impulsada por los colonizadores, quienes protegidos por la ley tenían libre acceso a las tierras comunales de muchas comunidades indígenas como consecuencia, grandes extensiones de territorio mexicano se convirtieron en recurso forrajero, e importantes transformaciones en el paisaje natural se llevaron a cabo (Louette *et al.*, 1997).

En la época cardenista, por ejemplo, existían garantías para ganaderos, a través de los certificados de inafectibilidad, con el fin de desarrollar su actividad productiva. La participación del sector ejidal en la producción ganadera fu limitada hasta los años setenta del mismo siglo (Louette *et al.*, 1997).

En el periodo 1940-1970, la política agrícola mexicana concibió al sector agropecuario como base para impulsar el desarrollo industrial y urbano.

Esté debería producir alimentos baratos, obtener divisas por exportaciones, aportar mano de obra barata para la industria y crear un mercado cultivado para los productos industriales, así como sus recursos naturales para la obtención de energía eléctrica y agua, amén de los recursos no renovables: petróleo y minas (Cochet *et al.*, 1998).

Debido a la incapacidad de desarrollar una industria alimentaria competitiva, se manifestó una fuerte crisis en el sector agrícola a finales de los años 1960, que juntos con la disponibilidad de créditos para la ganadería, a partir de este periodo impulsaron el crecimiento de la ganadería en el sector ejidal (Lazos, 1996). A partir de los años 1970, el desarrollo del sector pecuario ha sido inestable.

En los años ochenta del siglo XX, por ejemplo, se observaba un estancamiento debido a una nueva crisis económica, así como la desaparición de un contexto gubernamental favorable.

Los noventa del siglo XX ofrecieron nuevas posibilidades, sin embargo, el sector pecuario se encontró en condiciones descapitalizadas que dificultaron su desarrollo (Chauvet, 2001).

Si bien, la presencia del ganado en el territorio mexicano ha sido variable, sobre todo en el siglo XX, su presencia es innegable, así como las transformaciones ocasionadas en las sociedades y paisajes rurales. En este artículo, nuestro interés está principalmente en las transformaciones ocasionadas en los paisajes rurales por la ganadería, esta última entendida como proceso social.

En la mayor parte de los casos de México la ganadería se ha practicado de manera extensiva, ocupando grandes extensiones de terrenos con matorral, bosque o pasto natural inducido, ya que el nivel de las inversiones para el mantenimiento de los potreros es bajo y una gran rentabilidad es el resultado. Sin embargo la productividad por unidad de tierra es baja por el libre pastoreo, la falta de mejoramiento tecnológico y un bajo empleo de mano de obra. (Toledo 1990; Louette *et al.*, 1997).

2.2. Organizaciones Lecheras en los altos Sur de Jalisco; un análisis de las interacciones productivas.

Con el Tratado Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el estado mexicano inicio un proceso de apertura hacia una economía de mercado, sin realizar un diagnostico para detectar las necesidades del sector lechero para ser competitivo. Esta situación provoco una crisis de la producción de leche a mediados de la década de 1990, que perjudico sobre todo a pequeños y a medianos productores (Cervantes *et al.*, 2001).

El TLCAN tuvo un efecto negativo directo en el sector, debido a la entrada vía importaciones, cupos y sobre cupos de importación de leche en polvo y otros derivados lácteos a precios bajos, con respecto a los nacionales.

Hay varios factores que explican la desventaja competitiva del sector lechero nacional frente al externo:

- a)** carencia de subsidio y otras fuentes de abatimientos de costos, tanto de elaboración como de comercialización
- b)** persistencia de un dualismo estructural (moderno-exportador versus tradicional-familiar).
- c)** un comercio especializado dependiente sobre todo el mercado de estados unidos y no intraindustrial.
- d)** La concentración de la inversión agropecuaria extranjera directa (Mella y mercado 2006)

2.3. La producción Lechera en los altos de Jalisco.

En México por la importancia de volumen aportado respecto al nacional la producción lechera se concentra en cuatro cuencas: La Laguna (Coahuila y Durango), los Altos de Jalisco, Tiza yuca (Hidalgo) y valle de México y las zonas aledañas al Distrito Federal (Puebla y Estado de México), así como el norte de Veracruz. Jalisco es el productor principal de leche en el país desde 1985(Cervantes *et al.*, 2001).

Un porcentaje relativamente alto de la población estatal (24.8) se dedica al sector primario. De acuerdo con datos de la Unión Ganadera Regional del estado de Jalisco (UGRJ), el conjunto de los ganaderos (cerca de 3000 mil) genera tres y medio millones de litros de leche diarios. El hato se estima en 810 mil cabezas, de los cuales 270 mil son vacas en producción y 230 mil son vaquillas, novillos y terneras de reemplazo. En el estado predomina el sistema de lechería familiar sobre el semitecnificado (Zorrilla et al.1997).

Dispone también de una planta industrial importante para lácteos, donde se procesan e industrializan más de dos millones de litros de leche al día. Las plantas principales son Lechera Guadalajara, la pureza, Nestlé, 19 hermanos Lala y al pura.

Alimentadas por los centros de acopio de tipo comunitario e individual estratégicamente distribuidos en la región norte y sur de los Altos, que aportan 60 por ciento de la producción total del estado (SAGARPA- , CEA 2000).

2.4. México en el sistema Agroindustrial lácteo en América del Norte.

La Región.

La región de América del Norte, reconfigurada al integrarse una zona de libre comercio entre México, estados unidos y Canadá mediante un Tratado de Libre y Comercio de América del Norte (TLCAN), que entro en vigor el primer día de 1994, agrupa a naciones que, si bien tienen una vecindad natural, son muy desiguales en cuanto a su estructuras institucionales, políticas públicas, generación y transferencia de tecnología, utilización de factores productivos y niveles de productividad, por lo tanto su reunión se presenta fundamentalmente en el marco de la geopolítica.

Dicha integración se gesta a pesar de que México, a diferencia de los otros dos países, se identifica en la categoría de los países semindustrializados, pero enfrenta problemas derivados del estancamiento, la deuda externa y el acatamiento de las políticas establecidas por organismos supranacionales al aplicar políticas de ajuste estructural basadas en la apertura del mercado interno,

las privatizaciones, y la desregulación de las actividades económicas. (Del Valle *et al.*, 1996).

Desde que se inicia el proceso de negociaciones del TLCAN el tema de la agricultura fue y sigue siendo el hilo más delgado, no solo por los efectos de los acuerdos específicamente formalizados, sino también por las características de la política interna que aplica cada país hacia el sector, por las propias condiciones en que se encuentra el agro mexicano después de una década perdida en los ochenta, de una ligera recuperación al inicio de los noventa y por la fuerte caída en diciembre de 1994.

Para México se proponen acuerdos que coinciden con la propuesta neoliberal sobre la promoción de exportaciones mexicanas hacia los mercados de la región mediante la eliminación gradual de aranceles a la exportación, favorecer la inversión de los sectores social y privado, así como la inversión extranjera en el campo; promover la sustitución de cultivos de los segmentos tradicionales, de baja productividad, a favor de productos con un potencial mayor y orientados al mercado externo; lograr la reconversión y ajuste de la producción agropecuaria en el país y lograr la integración vertical de las actividades productivas en el campo, para aprovechar las economías de escala y promover el desarrollo de productos con mayor valor agregado. (Del Valle *et al.*, 1996).

2.5. México en el TLCAN Lechero.

La inserción en la economía mundial globalizada a partir de la integración en una zona de libre comercio en América del Norte, plantea retos derivados de la incorporación de progreso tecnológico en la actividad productiva y de las nuevas reglamentaciones de comercio, en relación con las transformaciones económicas sociales que se generan en el interior de cada uno de los estados-nación (Llambí, 1996).

La actividad lechera presenta diferentes problemáticas en cada país y en sus formas de inserción en el mercado internacional.

Estados Unidos y Canadá presentan características semejantes a las de otros países desarrollados, a saber: un proceso de concentración en las fases de

producción primaria e industrial; una alta normalización de los productos; una intensa intervención pública y un desenvolvimiento en un mercado segmentado, donde la demanda se orienta hacia los productos procesados y con bajo contenido de materia grasa.

Estados Unidos y Canadá son, también, países exportadores y pioneros en innovación tecnológica, con altos índices de competitividad internacional.

En el caso de Canadá, es una de sus actividades económicas más importantes. Para los productos lácteos, el tratado es solo bilateral –entre México y Estados Unidos-Canadá mantuvo una estrategia unilateral, pero digna de consideración. Por una parte, no entro en estas negociaciones con los productos lácteos de consumo a fin de proteger la actividad lechera en su país respecto de la superioridad competitiva de Estados Unidos.

Y por otra, mantiene con México amplias relaciones en este sector, especialmente en lo que se refiere a insumos para la producción primaria e industrial. Es interesante precisar que en las negociaciones con Canadá los productos lácteos quedaron excluidos, es decir: leche en polvo o en pastilla, grasa butírica, suero y lacto suero, caseína, leche evaporada, leche condensada, leche fluida envasada, yogur, mantequilla, queso fresco, incluido lacto suero y requesón, quesos maduros y rallados.

Lo cual representaba el 27 por ciento de las importaciones de México representa el cero por ciento. En este marco, se puede afirmar que el proceso de internacionalización de la economía lechera, en gran parte dirigidos por empresas transnacionales, se ha acompañado de una regionalización económica, como un mecanismo de distribución de mercados que comprende una gran cantidad de bienes y servicios, desde insumos, tales como animales de registro alimentos, semen, embriones, vacunas, medicinas, somatotropina y equipos, para la producción primaria materias primas, equipo, paquetes tecnológicos para el envasado tetra pack, para la industrialización de los productos lácteos (lacto bacilos, grasa butírica, cafeína, suero, etc).

Hasta bienes industrializados de consumo directo, como leche en polvo descremado y entero, yogures, quesos, postres, helados.asi como patentes y asesorías.

Las relaciones que se establecen son complejas, y afectan directamente a las interrelaciones entre los países en donde la regionalización de las cadenas productivas se fortalece generando una desintegración de la cadena agroindustrial en México. México se sitúa como un destacado importador mundial de productos lácteos y de insumos para el desarrollo de la actividad lechera, y como usuario de las tecnologías fijadas a partir del modelo de estados Unidos y Canadá.

Solo en lo que concierne a la importación de leche en polvo para consumo directo, México ocupa el primer lugar en el mundo, lo que en términos de disponibilidad interna del producto significa un 35 por ciento del consumo Nacional Aparente. (Del valle, 1996).

2.6. Dependencia del sistema agroindustrial Lechero Mexicano.

La dependencia más visible del sistema mexicano es entorno a los productos lecheros, que representan en 1995 casi el 37 por ciento de la disponibilidad interna, este valor se situó en torno al 50 por ciento un año antes, donde a su vez la leche descremada en polvo significo solo el 48 por ciento del total de productos importados en volumen. Es decir se asiste a una diversificación de las importaciones, donde productos como queso, yogur y lácteos han venido cobrando una gran relevancia (INEGI Y CNG ,1995)

2.7. Importancia de la Producción de Leche en México

La producción de leche en México es una agroindustria de relevancia para el país y a nivel mundial. En 2008 se produjeron en México 10 mil 600 millones de litros de leche con un valor de 46 mil millones de pesos, con lo cual ocupó el lugar número 18 en producción a nivel mundial. Su disponibilidad per cápita es de 117 litros por habitante al año, valor relativamente bajo en comparación con países como España, Canadá, Argentina y Australia, cuya disponibilidad varía entre 150 y 250 kg/habitante.

Los países de mayor disponibilidad de leche son Holanda, Suecia, Francia y Noruega, que varían entre 250 y 350 kg/habitante (SIAP, 2010).

La producción de leche en México se concentra mayormente en Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua y Guanajuato, los cuales producen 55 por ciento de la producción nacional total (SIAP, 2010).

Estos sistemas se caracterizan por ser especializados, altamente tecnificados y con una producción de leche de calidad. Noventa y cuatro por ciento de la producción de leche en el país se destina a la industria privada, mientras que 6 por ciento restante es utilizado por la paraestatal Liconsa.

Además de ser una industria redituable para algunas empresas, la leche es parte de la canasta básica mexicana, es decir, que es consumida por gran parte de las familias mexicanas. Además, se considera benéfica para la salud de los infantes (Maulen-Radovan *et al.*, 1999; Banco de México, 2002).

2.8. Participación del Estado en el desarrollo Lechero

La actividad lechera en México ha conocido una intervención notable que no solo se ha destinado a fomentar la producción primaria, sino sobre todo a satisfacer la demanda interna.

En ese sentido las distintas formas de participación institucional han iniciado en diferentes segmentos del sistema agroindustrial; desde apoyar el proceso de generación e incorporación de tecnología hasta la distribución de leche a consumidores de bajos recursos, pasando por políticas de crédito, normatividad de productos lácteos, control de importaciones y determinación de precios, entre otros (SAGAR ,1996).

2.9. Explotaciones Lecheras y Medio Ambiente.

Los problemas medioambientales más importantes derivados de la producción lechera tienen que ver con la contaminación del aire y del agua y con biodiversidad.

La contaminación del agua se produce por el inadecuado tratamiento de los residuos del estiércol y por el empleo de fertilizantes en la producción forrajera. Los nutrientes, en particular el nitrógeno y el fosforo, contaminación tierra, aguas

superficiales, subterráneas y aguas marinas, dañando los ecosistemas por eutrofización, a la vez que perjudican el uso del agua como elemento de recreo. Las aguas pueden contaminarse también por los afluentes orgánicos y los patógenos que contiene el estiércol.

La contaminación del agua es fundamentalmente un problema local o regional, pero a veces puede llegar a tener carácter internacional.

Los países se pueden clasificar en cuatro grupos según el nivel de riesgo medido por el equilibrio del nitrógeno en el suelo y por la importancia del estiércol de las vacas lecheras, considerando una fuente de nitrógeno. El riesgo es máximo en Bélgica, República Checa, Dinamarca, Francia.

Los indicadores de equilibrio de nitrógeno de 1985 a 1987 y 1995 a 1997 han variado y revelan distintas tendencias en el riesgo potencial de contaminación por parte de las explotaciones lecheras. El riesgo ha crecido en Australia, Corea y Nueva Zelanda, donde se ha elevado el nivel de nitrógeno procedente del estiércol de las vacas lecheras al aumentar la producción.

El riesgo ha disminuido en todos los demás países con una caída del equilibrio de nitrógeno y de su producción por el estiércol vacuno, aunque las explotaciones lecheras siguen constituyendo una amenaza significativa en muchos de ellos. Las explotaciones lecheras son también fuente de emisión de gases de efecto invernadero, fundamentalmente por fermentación entérica (metano) y por el manejo del estiércol (metano y óxido de nitrógeno).

El nivel absoluto de emisiones procedentes de explotaciones lecheras en términos de dióxido de carbono equivalentes es el más alto en Estados Unidos, Francia y Alemania, lo que refleja un número superior de cabezas de ganado una mayor tasa de emisión por vaca.

Solo en Nueva Zelanda las explotaciones lecheras contribuyen de manera notable en el ámbito nacional, con más de un 20 por ciento del total de emisiones de gases de efecto invernadero.

En todos los demás países las vacas lecheras aportan menos del 6 por ciento al total de emisiones. Además, de 1990 a 1992 y de 1999 a 2001 el total de emisiones de estos gases por las vacas disminuyó en todos los países, excepto en Australia y Nueva Zelanda (OCDE, 2004).

2.10. Evolución de la estructura y práctica en las explotaciones Lecheras

La producción mundial de leche creció un 20 por ciento entre 1982 y 2001 para hacer frente a la creciente demanda, especialmente en los países en desarrollo. En la mayoría de los países de la OCDE la producción lechera se ha mantenido estable o ha descendido ligeramente, notándose en muchos casos la existencia de cuotas de producción.

El crecimiento ha sido muy rápido en Australia y Nueva Zelanda, moderado en Corea, México y Portugal, y estacionario en estados Unidos. El comercio ha evolucionado más rápidamente que la producción, aunque los intercambios internacionales de productos lácteos solo suponen menos del 8 por ciento (14 por ciento si se incluye en el comercio interior de la UE) (OCDE, 2004).

Todo ello puede incrementar el riesgo de deterioro medioambiental asociado a la producción lechera. Más cabezas por explotaciones suponen más volumen de estiércol. Si se dispone de menor superficie por cabeza, aumenta la cantidad de nutrientes aportados al suelo, con el consiguiente riesgo de perjuicio para la calidad de las aguas.

La repercusión medioambiental de las explotaciones lecheras depende asimismo de los avances tecnológicos (tipos de instalación o construcción, almacenamiento del estiércol, sistemas de tratamiento (fangales) y equipos de producción de energía alternativa), a si como prácticas de gestión (nuevas formas en las mezclas de la alimentación animal y nuevas técnicas para distribuir el estiércol) (OCDE, 2004).

Las granjas ecológicas, por lo general, muestran un mayor equilibrio entre la aportación de nutrientes, pesticidas y energía, y lo que es necesario para la producción. Por tanto, las explotaciones lecheras ecológicas tienen mejores indicadores de calidad (materia orgánica. actividad biológica y estructura de los suelos), calidad de las aguas (drenaje de nitratos, fosfatos y pesticidas), y biodiversidad de especies.

Como contrapartida, los sistemas ecológicos suelen producir más emisiones de metano. Para otros indicadores, o no hay diferencias claras entre los sistemas, o no se han estudiado aun.

Lo que es más importante, la gestión de las explotaciones es fundamental para asegurar que los beneficios potenciales se conviertan en reales, particularmente en lo tocante a drenaje de nutrientes, emisiones de dióxido de carbono y problemas de salud animal.

Otro resultado incontestable es que mientras la presión medioambiental de las explotaciones ecológicas es menor, medida por hectárea, la diferencia entre sistemas se reduce si se mide tomando como base de la producción unitaria (OCDE, 2004).

2.11. Políticas Agrícolas en apoyo a la producción Lechera.

La producción lechera está muy protegida, con excepciones, en la mayoría de los países de la OCDE.

Estos pueden agruparse según el grado de protección. El primer grupo (Islandia, Japón, Noruega y Suiza) goza de unas tarifas relativamente altas y, por tanto, de unos mayores apoyos que superan por término medio el 70 por ciento de las subvenciones agrícolas brutas totales.

Un segundo grupo tiene unas tarifas ligeramente más bajas, con ayudas del orden del 40 al 55 por ciento. En él se encuentran Canadá, la unión, Europea, Hungría, Corea y Estados Unidos. Estos países usan, además, subsidios a la exportación, junto con Noruega y Suiza.

En el otro extremo, las granjas lecheras de Nueva Zelanda reciben ayudas de alrededor del 1 por ciento. En los países con subvenciones para los productores de leche, las políticas más ligadas a la producción (medidas como aranceles y subsidios a la exportación) o a los gastos suman una parte importante. En comparación con otros productos, las subvenciones a la leche suelen ser mayores, incluso en países con escasas ayudas a los productos de consumo en general.

Este modelo de ayudas a la leche, tanto en su cuantía como en su composición, influye en los modelos de producción, alterando en consecuencia la presión sobre el medio ambiente. Aunque son difíciles de discernir los efectos de la política de subvenciones a la producción lechera, lo elevado de estas, de cualquier tipo que sean, ha hecho que muchos países hayan aumentado sus producciones intensivas, con la consiguiente presión sobre el medio ambiente; distinto habría sido si los productores se hubieran limitado a responder a la demanda en igualdad de condiciones.

Los países con mayor riesgo potencial de contaminar las aguas con nitrógeno son los que más subvencionan la producción de leche, tales como los del norte de Europa y Japón. No obstante las elevadas ayudas no son el único factor de la presión medioambiental. También se ve un impacto medioambiental pernicioso por causa de la producción lechera en países con escasas subvenciones.

Las cuotas a la producción lechera son una parte importante de las políticas de apoyo a la producción en muchos países altamente proteccionistas. Al controlar la expansión de la producción lechera con altos precios de apoyo se ha limitado el impacto medioambiental que de otra forma se hubiera producido.

Lo que han conseguido, de hecho, es bloquear la distribución regional de la producción, de manera que los cambios en los modelos geográficos de producción son menos evidentes en los países con cuota que en los que no la tienen. Los efectos medioambientales derivados no están claros.

Aunque han contribuido a mantener las granjas lecheras en lugares marginales de alto valor ecológico, no parece probable que su distribución geográfica en el momento de aplicarse las cuotas fuera el óptimo desde un punto de vista medioambiental, dado que dichas cuotas se impusieron por razones de producción y no medioambientales.

Puede que las cuotas hayan contribuido también a aumentar la producción intensiva en algunas explotaciones, al dar mayores incentivos para aumentar la producción de vaca en lugar de aumentar el número de vacas y de superficie para producción láctea. Sin embargo, otros cambios en la política agraria, como la reforma del mercado de cereales de la Unión Europea, también han inducido un crecimiento de la producción intensiva (OCDE, 2004).

2.12. Medidas políticas para abordar cuestiones medioambientales del sector Lechero.

La reducción del nocivo impacto medioambiental de la producción lechera, en particular el relacionado con la contaminación del agua y las emisiones de amoníaco, es el principal objetivo de las medidas políticas agroambientales que afectan al sector lechero (OCDE,2004).

2.13. Producción lácteas ecológica-medidas políticas y evolución del mercado

Entre la serie de medidas políticas de tipo agroambiental que pueden afectar a los ganaderos lecheros, muchas de ellas son para estimular y ayudar a desarrollar granjas ecológicas. Todos los países de la OCDE tienen ya normativas activadas o en proceso que definen normas nacionales. Como las correspondientes a la leche y productos lácteos ecológico. (OCDE, 2004).

2.14. Ley General de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente.

Por medio de la LGEEPA (DOF, 2010) se pretende el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales, como son el suelo y el agua, al mismo tiempo que proviene y controla la contaminación del aire, el agua y el suelo.

En lo referente a la política ambiental, hace referencia al uso de los instrumentos económicos como medio para la modificación de la conducta de quienes realicen actividades industriales a fin de hacer compatibles sus intereses con los del desarrollo sustentable. Prioriza la promoción de estímulos fiscales a quienes realicen actividades o apliquen tecnologías que reduzcan el daño ambiental o controlen la contaminación.

En relación al aprovechamiento sustentable del agua, la LGEEPA promueve su ahorro, su uso eficiente, el tratamiento del agua residual y su recurso. Establece

que los criterios para su aprovechamiento adecuado se establecerán en las concesiones y permisos otorgados. (LGEEPA DOF, 2010).

2.15. Ley de Aguas Nacionales.

La Ley de Aguas Nacionales (DOF, 2008) tiene por objetivo la regulación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, la forma en la que se distribuyen y la preservación de su cantidad y calidad.

En su artículo 96 especifica la intervención de la autoridad en caso de daño ambiental a un cuerpo receptor propiedad de la Nación. Indica también que quienes le provoquen daños tienen la responsabilidad de la reparación de los mismos, mediante la remoción de los contaminantes y la renovación a su estado previo al daño.

Señala que la autoridad sancionara la descarga en forma permanente o fortuita, de aguas residuales en cuerpos receptores. El pago de derechos que señala la ley varía entre los 1000 y los 20000 salarios mínimos. Las infracciones pueden también incluir la suspensión de actividades hasta que se reparen los daños ocasionados. (Ley de Aguas Nacionales, 2008).

2.16. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Señala que los contaminantes básicos a medir son: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno cinco, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos, fósforo total, temperatura y pH (NOM-001-ECOL-1996).

Cuadro 1. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos que deben seguir los Establos con descarga en ríos.

Parámetros (mg/litro, excepto Cuando se especifique)	Uso en riego agrícola (A)	
	P.M	P.D
Grasas y Aceites	15	25
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos sedimentables (ml/l)	1	2
Sólidos suspendidos totales	150	200
Demanda Bioquímica de oxígeno ₅	150	200
Nitrógeno total	40	60
Arsénico	0.2	0.4
Plomo	0.5	1
Cadmio	0.2	0.4
Zinc	10	20
Fosforo total	20	30

P.D.=Promedio Diario; **P.M.**=Promedio Mensual. **(A)**: Tipo de Cuerpo Receptor

Según la Ley Federal de Derechos. Tomando de NOM-001-ECOL-1996.

Esta Norma establece que el cumplimiento de los límites máximos permisibles sería progresivo, de tal manera que tenían como fecha máxima para su cumplimiento el 1^{ro} de enero del año 2010.

El cuadro 2. Señala las fechas a las que deben apegarse los ganaderos por norma oficial.

Cuadro 2. Fechas de cumplimiento de cargas máximas contaminantes para las descargas

No municipales.

Fecha de cumplimiento a Partir de:	Demanda bioquímica de oxígeno 5 (toneladas/día)	Sólidos suspendidos totales (toneladas/día)
1 de enero de 2000	Mayor de 3.0	Mayor de 3.0
1 de enero de 2005	De 1.2 a 3.0	De 1.2 a 3.0
1 de enero de 2010	Menor de 1.2	Menor de 1.2

Datos tomados de NOM-001-ECOL-1996

La Norma menciona también que los responsables de las descargas de aguas residuales que rebasen los límites permisibles, deben presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la comisión nacional del agua (CONAGUA).

El responsable de la descarga queda también obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes puede ser trimestral, semestral o anual. Dependiendo de la carga contaminante que presenten.

De acuerdo con la CONAGUA, con esta legislación en marcha, la carga del sistema es ahora más flexible, puesto que los criterios consideren la capacidad asimilativa del cuerpo de agua y las concentraciones de los indicadores de contaminación. Sin embargo, reconocen que no existe la capacidad para el monitoreo y control constante de las actividades de descarga por parte de las instituciones (Seroa da Motta *et al.*, 2000).

2.17. Procesos de tratamiento de Aguas Residuales.

Las aguas residuales son las aguas cuya composición física y química ha cambiado dependiendo de su origen, sea este urbano, industrial, agrícola o pecuario. Para evitar que dichos componentes afecten la salud humana y causen

problemas de contaminación en el ambiente, es necesario llevar a cabo una serie de tratamiento previo a su descarga. El tren de tratamientos consiste en una serie de etapas cuyos procesos básicos están bien definidos y han sido ampliamente estudiados, la mayoría de los procesos han sido descritos en detalle por (Metcalf y Eddy ,991) siendo esta la referencia técnica más relevante en el tema.

A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas residuales, la mayoría de las tecnologías utilizadas en México pueden incluirse dentro de los siguientes procesos (Metcalf y Eddy, 1991).

- 1) Tratamiento preliminar
- 2) Tratamiento primario
- 3) Tratamiento secundario

2.18. Tratamiento Preliminar.

El tratamiento preliminar se define como la remoción de los componentes de gran tamaño contenidos en el agua residual que pudieran causar problemas de mantenimiento o de operación en los equipos. Elimina también los sólidos inorgánicos pesados y cantidades excesivas de aceites o grasas. Los principales dispositivos empleados en el tratamiento preliminar son las rejillas y trampas de grasa (Metcalf y Eddy, 1991).

2.19. Tratamiento primario.

En términos generales, este proceso remueve alrededor del 50 por ciento de los sólidos suspendidos y reduce en un 25 a un 50 por ciento la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5). El tratamiento primario convencional remueve de un 10 a un 20 por ciento el nitrógeno orgánico y alrededor del 10 por ciento del fósforo (Metcalf y Eddy, 1991). Las operaciones que usa el tratamiento primario son la separación de sólidos y la sedimentación. El afluente del tratamiento primario es considerado como de alto contenido de DBO_5 . Es por eso que se considera que la principal función del tratamiento primario es ser una etapa obligada previa al tratamiento secundario (Metcalf y Eddy, 1991).

2.20. Tratamiento Secundario.

Los tratamientos secundarios incluyen diversos procesos de tratamiento biológico asociados con separadores de sólidos y líquidos. Los procesos biológicos están diseñados para proveer las condiciones adecuadas para el desarrollo de los microorganismos encargados de la remoción biológica de nutrientes.

La biomasa microbiana interactúa con las aguas residuales mediante crecimiento suspendido o por procesos de filtrados en película (Metcalf y Eddy, 1991; A sano, 1998).

Como ejemplos de crecimiento suspendido pueden mencionarse los lodos activos, las lagunas de estabilización y de oxidación. Como procesos de película suspendida pueden mencionarse los filtros percoladores, los birreactores de biopelícula y filtros rotativos. La materia orgánica presente en las aguas hervidas provee la energía y los nutrientes para producir el crecimiento microbiano, los microbios producen bióxido de carbono y agua como productos finales de su metabolismo (A sano, 1998).

2.21. Separador de Sólidos en los Establos Lecheros.

La separación de sólidos es la primera operación unitaria en los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Metcalf y Eddy, 1991).

El estiércol fresco es bombeado al mecanismo separador. La eficiencia del mecanismo viene determinada por las características del estiércol a separar, el cual no deberá contener partículas superiores a los 400 mm, y por el tipo de mecanismo de separación. Es conveniente utilizar un sistema de evacuación continua ya que al mismo tiempo que se eliminan los malos olores facilita la separación de los elementos. Se debe intercalar una reja o tamiz grueso, antes del depósito de recepción, que permita detener elementos voluminosos o no deseados tales como piedras, plásticos, ramas, trapos, etc., los cuales pueden interferir en el proceso posterior (Chastain., *et al* 2001).



Figura 1. Separador de sólidos del establo Rancho el Porvenir

Los separadores más comunes en los establos lecheros son los de tipo cascada y los tamices tipo tambor (Metcalf y Eddy, 1991).

Constan de un tamiz normalmente de acero inoxidable o materiales plásticos, con un enrejado o filtro especial, instalado sobre un bastidor, con abertura entre 02 o 6 mm, colocado con una inclinación de 45° - 65° .

El estiércol es bombeado a la parte superior del tamiz deslizándose por gravedad hacia la parte inferior de la banda filtrante. El líquido pasa a través del tamiz, mientras que el sólido se acumula en la parte inferior del mismo. Este tipo de separadores es muy utilizado para separar partículas fibrosas y gruesas de estiércol de vacuno.

Tiene como principal inconveniente que necesita un sistema de retirada adicional en la parte inferior y que el tamiz debe ser limpiado con frecuencia para mantener la eficacia del sistema. La eficacia del sistema varía mucho con el tipo de estiércol, pero en condiciones óptimas de trabajo pueden llegar a separar hasta el 60 por ciento de los sólidos totales presentes en el estiércol de ganado vacuno (Chastain *et. al* 2001).

2.22. Biodigestores.

Los biodigestores son sistemas diseñados para optimizar la producción de biogás por medio de desechos orgánicos, lo que permite obtener energía limpia, renovable y de bajo costo. En el **ITCR** se efectuó durante el año 2008, una actividad de fortalecimiento de la investigación con el propósito de desarrollar un sistema electrónico e inalámbrico de control y protección para la producción de biogás. (Rivas *et al.*, 2010).



Figura 2. De biodigestor.

La producción de biogás es un proceso natural que ocurre en forma espontánea en un entorno anaerobio, es decir, carente de oxígeno. Dicho proceso lo realizan microorganismos como parte del ciclo biológico de la materia orgánica, el cual involucra la fermentación o digestión de materiales orgánicos para obtener el biogás.

Los Biodigestor, por su parte, son sistemas diseñados para optimizar la producción de biogás a partir de desechos agrícolas, estiércol o efluentes

industriales, entre otros, los cuales permiten así la obtención de energía limpia y de bajo costo a partir de una fuente renovable.

El uso de esta tecnología no es nuevo, pero en los últimos años ha cobrado gran interés debido a la actual crisis energética producto del agotamiento de los combustibles fósiles. Además, el aprovechamiento del biogás impulsa la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero como el metano (CH₄), cuyo potencial de calentamiento global es 23 veces mayor que el del dióxido de carbono (CO₂), (Campero *et al.*, 2008).

El aprovechamiento del valor energético de los desechos del ganado es uno de los beneficios que actualmente está teniendo auge en muchas partes del mundo ya que permite aprovechar los residuos de una ganadería intensiva. La obtención de biogás se puede llevar a cabo a través de la construcción de biodigestores a pequeña y gran escala.

En México se ha iniciado el intercambio de bonos por emisiones a la atmósfera a raíz del protocolo de Kyoto que pretende la reducción de gases de invernadero como el metano producido en las instalaciones ganaderas. Se considera que los establos son una fuente rica para producción de energía a través de la generación de metano el cual se puede transformar en bonos verdes que pueden entrar en el comercio de emisiones o bien puede transformar energía eléctrica. (Prieto *et al.*, 2009)

Desde el punto de vista ambiental, los sistemas ganaderos de explotación intensiva han mostrado impactos significativos indeseables los cuales dependen de la especie. La incrementada tendencia hacia la generación intensiva en muchas partes del mundo ha significado indudables logros socioeconómicos, pero también la producción de mayores volúmenes de residuo por unidad de superficie, lo cual ha traído repercusiones ambientales por la contaminación de agua, suelo y aire por los desechos generados. Estos cambios en la forma de explotación también ha traído consigo cambios en el tratamiento de desechos que ofrecen un considerable potencial con enfoques innovativos para el reuso de agua, recuperación de energía, nutrientes, compuestos orgánicos y reducción de emisiones de gases invernadero (Sukias y Tunner, 2005).

A nivel mundial un gran número de establos lecheros de explotación intensiva están usando los digestores anaeróbicos para reducir problemas ambientales y producir biogás con el estiércol del ganado ya que el este puede ser una fuente significativa de metano, un potente gas invernadero con un potencial de calentamiento global 23 veces más alto que el dióxido de carbono (CO₂), que puede ser usado como combustible para la generación de calor y/o electricidad (Bothi y Aldrich, 2005).

2.23. Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización son comúnmente usadas en el tratamiento de aguas residuales de la producción lechera. Las lagunas convencionales reducen significativamente las cargas de contaminantes en el agua residual, principalmente demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, sin embargo, no hay grandes reducciones en nutrientes y bacterias. Como complemento a las lagunas convencionales de estabilización, (Craggs *et al.*, 2003).

Proponen un sistema más completo de tratamiento, que incluya más de una laguna, una anaerobia, una con algas y una más de maduración, con lo cual se disminuye significativamente la carga contaminante. Se ha estudiado también que las lagunas de estabilización, tienen mejores resultados cuando son cubiertas en la parte superior, ya que logran alcanzar reducciones de entre 50 y 90 por ciento de emisiones de olores y gases (National Dairy Environmental Stewardship Council, 2007).

Entre las tecnologías que existen dirigidas al aprovechamiento de los nutrientes de las excretas de los establos lecheros en los cultivos, están el manejo alimenticio, la tasa sincronizada de aplicación de nutrientes, los sistemas de arrastre de manguera y el manejo de pastoreo intensivo (National Dairy Environmental Stewardship Council, 2007).

2.24. Importancia de la Producción de Leche en México.

La producción de leche en México es una agroindustria de relevancia para el país y a nivel mundial. En 2008 se produjeron en México 10 mil 600 millones de litros de leche con un valor de 46 mil millones de pesos, con lo cual ocupó el lugar número 18 en producción a nivel mundial.

Su disponibilidad per cápita es de 117 litros por habitante al año, valor relativamente bajo en comparación con países como España, Canadá, Argentina y Australia, cuya disponibilidad varía entre 150 y 250 kg/ habitante. Los países de mayor disponibilidad de leche son Holanda, Suecia y Noruega, que varían entre 250 y 350 kg/habitante (SIAP.2010)

La producción de leche en México se concentra mayor mente en Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua y Guanajuato, los cuales producen 55 por ciento de la producción total (SIAP, 2010).

Estos sistemas se caracterizan por ser especializados, altamente tecnificados y con una producción de leche de calidad. Noventa y cuatro por ciento de la producción de leche en el país se destina a la industria privada, mientras que 6 por ciento restante por la paraestatal Liconsa. A demás de ser una industria redituable para algunas empresas, la leche es parte de la canasta básica mexicana., es decir que es consumida por gran parte de las familias mexicanas. Además, se considera benéfica para la salud de los infantes (Maúlen-Radovan *et al.*, 1999 Banco de México, 2002).

2.25. Producción Lechera en Torreón Coahuila.

A partir del inicio de los años 90, la ganadería lechera regional se ha fortalecido en el aspecto de producción en litros de leche/vaca, ya que paso de un promedio de 15.14 litros /vaca en 1975, aun promedio de 25.2 litros /vaca en 1998. Esto debido en gran parte a la calidad genética del ganado Holstein y a la nueva tecnología en alimentación y manejo. La comarca lagunera ha sido por muchos años un foco de atención para el comercio tanto nacional como internacional ya que se ha caracterizado por ser una zona altamente agropecuaria y agroindustrial con

preferencia en la producción lechera. Esto hace que se presenten formas especializadas de enlace comercial. Gracias a la atención que se le ha tomado a esta zona en particular al sector lechero, todas las explotaciones independiente mente de su tamaño tienen la oportunidad de entrar en contacto directo con factores favorables para la empresa tales como: proveedores de equipo y maquinaria, asesorías en diferentes áreas, nutrición, genética, de la industria farmacéutica, de administración y en el área computacional entre otras. (Aguilar., *et al* 2006).

Cuadro 3. Producción Lechera anual en Torreón Coahuila

Año	Volumen de producción (Miles de litros)	%
1996	7, 586,422	16.3
2000	9, 311,444	17.5
2006	10, 088,558	19.8
2007	10, 345,976	21.0
2008	10, 589,479	21.3
2010	10, 711,619	19.5
2011	10, 742,634	19.7

Fuente: SIAP/SAGARPA

2.26. Región de Estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Francisco I. Madero en el establo Lechero Rancho el Porvenir. Ubicado en la zona suroccidental del estado, al norte con la comarca lagunera uno de los 31 estado que lo conforman los Estados Unidos Mexicanos.

2.27. Torreón Coahuila.

El municipio de torreón es una ciudad de México, situada al norte del país, en el estado de Coahuila; específicamente en la parte del oeste sur de este estado norteño.

Limita al norte y al este con el municipio de matamoros; al sur y al oeste con el estado de Durango. Se localiza a una distancia aproximada de 265 kilómetros de la capital del estado.

Cuenta con una superficie de 1,947.70 kilómetros cuadrados y una población de 577,477 habitantes, que representa el 1.29 por ciento del total de la superficie del estado de Coahuila. se sitúa entre las coordenadas 103° 26 longitud oeste y 25° 32 latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. (INEGI, 2003)

2.28. Municipio de Francisco I. Madero.

El municipio de Francisco I. madero está localizado en la región laguna del estado y cuenta con una extensión territorial de 4,933.9 kilómetros cuadrados y una población de 51,528 habitantes. Coordenadas geográficas, latitud 25° 46 norte, longitud 103° 16 oeste, altitud 1,100 metros sobre el nivel del mar.

Distancias de Francisco I. Madero a las principales ciudades del estado y de la república mexicana, ciudad Acuña, Coahuila (Del Rio Texas) 593 Kilómetros, Piedras Negras, Coahuila (Eagle Pass, Texas) 540 kilómetros, Saltillo, Coahuila 252 kilómetros, Sabinas, Coahuila 408 kilómetros, Monclova, Coahuila 293 kilómetros, torreón, Coahuila 32 kilómetros. (INEGI, 2003).

Este municipio se caracteriza por un clima muy seco semicalido durante la mayor parte del año, y su temporada de lluvias comprende las estaciones de primavera, verano y otoño.

El clima del municipio es considerado extremo, con altas temperaturas en los meses de verano y muy bajas en los de invierno en los que se producen frecuentes heladas e incluso precipitaciones en forma de nieve, el clima del municipio es clasificado en la mayor parte del territorio como muy seco semicalido.

Figura 3. Mapa de localización del sitio de la cuenca lechera de Francisco I. Madero Coahuila.



2.29. Metales Pesados en el Ambiente.

Los metales pesados contribuyen fuertemente a la contaminación ambiental, la cantidad de metales disponibles en el suelo está en función del pH, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad del intercambio catiónico y otras propiedades que hacen únicas en términos de manejo de la contaminación (Suave *et al.*, 2000).

Además son definidos como elementos con propiedades metálicas (conductibilidad, ductilidad, etc.), número atómico mayor de 20, y cuya densidad es mayor a los 5 g cm³. Se considera metales pesados el plomo, cadmio, cromo, mercurio, zinc, cobre, plata y arsénico, constituyen un grupo de gran importancia, ya que algunos son esenciales para las células, pero en altas concentraciones pueden resultar tóxicos para los seres vivos, tales como humanos, organismos del suelo, plantas y animales (Spain *et al.*, 2003).

Estos contaminantes pueden alcanzar niveles de concentración que provocan efectos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas como: reducción del contenido de materia orgánica, disminución de nutrientes,

variación del pH generando suelos ácidos fluctuaciones en la temperatura, efectos adversos en el número, diversidad y actividad en los microorganismos de la rizósfera, dificultan el crecimiento de una cubierta vegetal protectora favoreciendo la aridez, erosión del suelo, y la dispersión de los contaminantes hacia las zonas y acuíferos adyacentes y como consecuencia aumenta la vulnerabilidad de la planta al ataque por insectos, plagas y enfermedades, afectando su desarrollo (Zhang *et al.*, 2000).

Las principales fuentes de metales pesados son actividades naturales, como desgaste de cerros, volcanes, que constituyen una fuente de relevante de los metales pesados en el suelo, así como también actividades antropogénicas como la industria minera que está catalogada como una de las actividades industriales más generadora de metales pesados. En el suelo, los metales pesados, están presentes como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos, (Pineda, 2004):

2.30. Cinc (Zn).

El cinc forma parte de una de una serie de resúmenes de la pública sobre sustancias peligrosas y sus efectos sobre la salud. También ha una versión abreviada, ToxFAQs™, disponible. Esta información es importante porque se trata de una sustancia que podría ser nociva para la salud. Los efectos sobre la salud de la exposición a cualquier sustancia peligrosa van a depender de la dosis, la duración y el tipo de exposición, la presencia de otras sustancias químicas, así como de las características de las persona. El cinc es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre.

El cinc se encuentra en el aire, el suelo, agua y está presente en todos los alimentos, en su forma pura elemental o metálica. El cinc también puede combinarse con otros elementos, por ejemplo cloro, oxígeno y azufre para formar compuestos de cinc. Los compuestos de cinc que puede encontrarse en sitios de desechos peligrosos son el cloruro de cinc, la mayor parte del mineral de cinc que se encuentra naturalmente en el ambiente está en la forma de sulfuro de cinc. (ATSDR, 2005).

El cinc entra al aire, el agua y el suelo como resultados tanto de procesos naturales como actividades humanas, la mayor parte del cinc que entra al ambiente es el resultado de la minería, la refinación de minerales de cinc, plomo y cadmio, lodo y los abonos también contribuyen el aumento del cinc en el suelo. En el aire, el cinc está presente principalmente en formas de partículas finas de polvo. Este polvo eventualmente se deposita sobre la tierra y el agua (ATSDR, 2005).

2.31. Arsénico (As).

El arsénico aparece en la mayoría de las aguas, aunque usualmente en pequeñas cantidades. Su presencia es un tema de gran interés en países como Argentina, Chile, Brasil, Perú, Bolivia, México, Tailandia, Bangladesh, China, India y Estados Unidos en los cuales se han producido serios casos de contaminación.

En Bangladesh, se determinaron los altos niveles de arsénico en el agua subterránea luego de la aparición de enfermedades vinculadas al arsénico, identificándose la escala del problema a partir de que se diagnosticaron efectos de envenenamiento en la población.

En diversas regiones del mundo se han descrito enfermedades hídricas asociadas a la presencia de arsénico: en Antofagasta (Chile), Minas Gerais (Brasil), Salvador de Arriba y Coahuila (México), en Taiwán, Formosa y posiblemente en Perú y Bolivia en la puna de Atacama. (Martínez *et al.*, 2002).

2.31. Origen del Arsénico.

El arsénico es un elemento considerado entre los veinte más abundantes sobre la tierra. Está presente en cantidades trazas en rocas, suelo, agua y aire. Este elemento puede existir en cuatro estados de valencia como As^{3-} , As^0 , As^{3+} y As^{5+} . El arsénico se encuentra en el ambiente principalmente como arsenito y arseniato. El arsénico se encuentra en la naturaleza en minerales comunes como la arsenopirita ($FeAsS$), el rejalgar (As_2S_2), el oropimente (As_2S_3) y el trióxido de arsénico (As_2O_3); como elemento puro se lo encuentra ocasionalmente. (Martínez *et al.*, 2002).

2.32. Enfermedades que Provoca el Arsénico.

Se ha determinado que una de diez personas que beben agua con un contenido de arsénico superior a 500 $\mu\text{g/l}$ puede morir de cáncer de pulmón, vesícula y piel. La exposición ocupacional, principalmente en caso de inhalación, incrementa el riesgo de cáncer de pulmón cuando se alcanzan niveles acumulativos de 0.75 mg/m^3 . Esta cantidad corresponde a unos 15 años de exposición en una sala con una concentración de 50 $\mu\text{g/m}^3$. El arsénico contenido en el agua y los alimentos ingresa al organismo por vía bucal y su absorción depende de la liposolubilidad del compuesto.

Los arsenitos inorgánicos (trivalentes), tales como los concentrados en el agua, penetran a través de las membranas biológicas con mayor dificultad que los arsenitos orgánicos, lo que explicaría el largo periodo de incubación de la enfermedad. El arsénico después de ser absorbido pasa al torrente sanguíneo y es distribuido en los diferentes órganos; se deposita principalmente en el hígado, riñón, corazón, pulmón, y piel.

Existen altas concentraciones en el pelo y las uñas debido a que el arsénico trivalente (inorgánico) se combina con los grupos sulfidrilos de la queratina de estos anexos cutáneos (Martínez *et al.*, 2002).

2.33. Plomo (Pb)

Se ubica en el grupo IVA (metales) en la tabla periódica. El Pb es un metal gris azulino que se presenta en forma natural y en pequeñas cantidades (0.002%) en la corteza terrestre. Este elemento, es generalmente obtenido en la galena (PbS), la anglesita (PbSO_4) y la curositita (PbCO_3).

El Pb es tóxico para el sistema nervioso y se asocia con la depresión de muchas funciones endócrinas, aunque no hay evidencia de efectos teratogénicos o carcinogénicos. El uso más amplio del Pb elemental es para la fabricación de acumuladores; también es usado para la fabricación de tetra-etilo de plomo, pinturas, cerámicas, forros para cables, elementos de construcción, vidrios especiales, pigmentos, soldadura suave y municiones (ATSDR,2005).

El Pb, en el suelo, se encuentra principalmente en forma de Pb^{2+} , también es conocido su estado de oxidación +4. Algunos de los compuestos insolubles son $Pb(OH)_2$, $PbCO_3$, PbS , $PbSO_4$. La velocidad de oxidación depende de factores como la humedad, la temperatura, el pH, el potencial redox, la cantidad de materia orgánica o la roturación de los suelos (Guitart, 2005).

2.33.1. Fuentes de Contaminación de Pb en México

Este elemento es una de las bases de la civilización tecnológica, ya que infinidad de industrias lo utilizan como materia prima o como componente básico de sus productos. Su intenso uso se debe a una serie de propiedades que lo hacen poco menos que imprescindible en algún tipo de industrias. Entre estas propiedades las más importantes son: densidad elevada, punto de fusión bajo, inercia química entre los ácidos, ductilidad, muchas de sus sales son corrosivas y algunas de sus sales son fuertemente tóxicas.

La contaminación natural por plomo es pequeña, la contaminación artificial, es decir aquella procedente de la actividad humana es grande. Dos son las principales fuentes: emisiones industriales (fundiciones de hierro, zinc, cobre y plomo; fábricas de pinturas, cerámicas, cristalería, pólvoras y explosivos; combustión del carbón etc.) y emisiones producidas por los vehículos.

Actualmente se está restringiendo el contenido de plomo de las gasolinas, para reducir así las emisiones a la atmósfera (Seoánez, 1999).

La industria minera, es otra fuente importante de contaminación, en México ha generado por décadas una gran cantidad de desechos y sitios contaminados a lo largo todo el país.

La excavación de minas, la remoción de minerales y el proceso y la extracción de metales puede causar daños ambientales y en casos extremos, destruir el ecosistema; por ejemplo, se pueden dañar tierras de cultivo, favorecer la erosión y contaminar cuerpos de agua con sales solubles de elementos potencialmente tóxicos (EPT), como As, Se, Pb, Cd y óxidos de S, entre otros, Asimismo, el material subterráneo puede generar volúmenes de residuos hasta ocho veces superiores al original. (Volke *et al.*, 2005).

2.33.2. Problema del Pb en Torreón Coahuila.

En la región lagunera de México se ha detectado y reportado una alta contaminación de plomo en el suelo y aire, la presencia de metales pesados y particularmente plomo genera un grave problema y representa un gran riesgo dado que las condiciones ambientales de la región propician suelos secos y fuertes vientos que generan tolvaneras, las cuales dispersan el suelo y sus contaminantes en toda la región. Provocando riesgos de salud en la población humana.

El problema en la ciudad de Torreón Coahuila es provocado por el plomo, el cadmio y el arsénico, tres elementos altamente dañinos para los humanos. Sin embargo, los estudios, las denuncias y ahora las acciones que se han realizado en torno a este problema tiene como actor principal al plomo.

Esto no significa que el plomo sea el más toxico de los tres elementos de hecho ocurre lo contrario sino a que de los tres es el que ha sido utilizado por la humanidad más ampliamente y por ende es el que causa más problema y más preocupación en todo el mundo.

El envenenamiento por metales pesados se debe al funcionamiento de la cuarta fundidora más importante del mundo, propiedad de la compañía Peñoles, situada en el centro de la ciudad de Torreón. En otros lugares puede presentarse la contaminación por plomo pero las fuentes emisoras pueden ser distintas (Valdés, 1999).

Además de las emisiones, hay un problema muy grave con las escorias de los procesos de esta planta; desde el inicio de sus actividades éstas se han ido acumulando en un montículo conocido localmente como “el cerro negro”.

Dicha empresa es la responsable de emitir altos índices de agentes contaminantes y que a la fecha sigue generando elevados niveles de plomo y cadmio entre otros contaminantes dañinos para el medio ambiente y para la salud de adultos y menores, como parte de los procesos industriales y metalúrgicos que en esa empresa se desarrollan.

Por lo anterior, es necesario que la intoxicación que se hace patente en el Municipio de Torreón es grave provocando, en menores graves e irreversibles

daños a su sistema nervioso central y periférico, pues se sabe que el plomo como principal causa de intoxicación en Torreón se absorbe por ingestión o por inhalación, este, al contacto con la sangre y niveles altos de plomo se puede provocar encefalopatía e incluso la muerte.

Los valores aceptables en plomo en la sangre, aire y suelo son elevados y sobre pasan los valores permisibles en normas internacionales. Estas son tan solo algunas de las graves consecuencias que se generan por las altas emisiones de contaminantes en el municipio de Torreón, por lo que nuestra preocupación es eminente frente a los irreversibles daños ambientales (Cervantes, 2000).

2.33.4. Efecto del Plomo en la Salud.

El plomo es un elemento que no cumple ninguna función vital en el organismo humano y que resulta tóxico incluso en pequeñas dosis. Puede afectar a casi todos los órganos y sistemas en el cuerpo. El más sensible es el sistema nervioso, tanto en niños como adultos.

Los efectos del plomo en la salud de los niños pueden incluir problemas de comportamiento y de aprendizaje (hiperactividad), crecimiento atrasado, problemas auditivos, dolores de cabeza y daño al cerebro y al sistema nervioso central. Los adultos expuestos al plomo pueden sufrir de problemas reproductivos, presión sanguínea alta, trastornos digestivos, dolor en los músculos y en las coyunturas, problemas de memoria y de concentración y trastornos nerviosos (Matte, 2003)

2.33.5. Plomo en el Medio Ambiente

Desde hace algunas décadas la importancia del plomo como contaminante ecotoxicológico ha sido bien conocida. Así, el impacto de los metales pesados de origen antropogénico en el medio ambiente, ha sido objeto de estudios en varias investigaciones.

El plomo (Pb) se considera un contaminante ecotoxicológico ya que su uso provoca contaminación ambiental y exposición en humanos. La principal vía de

biodisponibilidad son el suelo y el polvo, donde se concentra y por medio del cual ingresa a los organismos. El manejo inadecuado de materiales con plomo ha sido causante de numerosos problemas ambientales en todo el mundo; sin embargo, no todo el plomo del suelo presenta el mismo grado de movilidad o biodisponibilidad.

La distribución química del plomo en el suelo depende del pH, de la mineralogía, textura, materia orgánica a si como de la naturaleza de los compuestos de plomo contaminantes. El suelo es uno de los mayores reservorios en los cuales se acumulan la contaminación ambiental (Alloway, 1995).

Más del 90 por ciento de la contaminación ambiental producida es retenida en las partículas de suelo y cerca del 9 por ciento es interceptada en los sedimentos acuáticos. Particularmente, la contaminación de un suelo contaminado con Pb es de preocupación ya que éste presentan un alto tiempo de residencia en el suelo, estableciéndose un equilibrio dinámico con la hidrosfera, atmosfera y biosfera y de esta forma alterando el ecosistema, incluyendo al ser humano(Huang,1999).

2.34. Cadmio (Cd).

El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otros elementos tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, contienen una cantidad de cadmio. La mayor parte del cadmio se usa en los Estados Unidos se extrae durante la producción de otros metales como el zinc, plomo y cobre. El cadmio no se corroe fácilmente y tiene muchos usos tales como baterías, pigmentos, revestimiento de metales y plásticos (ATSDR, 2008).

2.34.1. Efectos del Cadmio en la Salud

Respirar niveles altos de cadmio puede dañar gravemente los pulmones. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos produce irritación grave del estomago causando vomito. La exposición prolongada a niveles más bajos de

cadmio en el aire, los alimentos o el agua produce acumulación de cadmio en los riñones y posiblemente enfermedad renal. Otros efectos de la exposición prolongada consisten en el daño del pulmón fragilidad de los huesos. El departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que el cadmio y los compuestos de cadmio son carcinogénicos en seres humanos (ATSDR, 2008).

2.34.2. Cadmio en el Ambiente Ocupacional.

Al hablar de fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional es importante señalar que en el caso del cadmio éstas son también responsables, en una muy grande medida, de la contaminación del ambiente general, lo que determinará en gran parte la exposición de la población general. Así, los Individuos que están expuestos ocupacionalmente, también pueden adicionalmente estarlo en el ambiente general (Cassanha y Corey, 1987).

2.35. Minería.

Las actividades mineras, tanto para el cadmio como para otros metales, son la fuente más evidente y las que pueden causar las concentraciones más altas de cadmio, ya que este metal se encuentra frecuentemente incorporado en diversos minerales. La exposición no sólo es importante para los mineros, sino también para otros individuos no mineros que trabajen en las mismas instalaciones o cerca de ellas.

2.36. Aire.

La forma química más importante en que el cadmio se presenta en el aire es como óxido de cadmio. En grandes ciudades en donde hay actividades industriales importantes, se han encontrado concentraciones elevadas del cadmio en el aire de $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en oposición en otras áreas no contaminadas en donde existe niveles de $0,001$ a $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rurales) y de $0,005$ hasta $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (urbanas). La

presencia de cadmio en el aire adquiere interés cuando se piensa en los efectos de este contaminante para la salud humana, ya que puede penetrar al organismo por la vía respiratoria y ser absorbido. En áreas muy contaminadas un individuo puede llegar a inhalar hasta 3,5 μg de cadmio al día.

2.37. Agua.

El agua en áreas no contaminadas presenta concentraciones muy bajas de cadmio: 0,04-0,3 $\mu\text{g/l}$ en océanos y alrededor de 1 $\mu\text{g/l}$ en ríos. En las regiones en donde hay contaminación por cadmio estas concentraciones se pueden elevar mucho; así se han encontrado niveles de 0,001 hasta 0,115 mg/l . La importancia de estas concentraciones en el agua varía según la utilización que a ésta el hombre le dé, o sea, para consumo humano u otros usos.

2.38. Suelo.

En áreas no contaminadas el cadmio se encuentra en el suelo en alrededor de 1 mg/kg (1ppm). La contaminación del suelo por depósito de partículas del aire o por agua contaminada por actividades industriales, ha determinado concentraciones de hasta 16 mg/kg (Cassanha y Corey, 1987).

2.39. Conductividad eléctrica del Agua (CE).

La conductividad es la habilidad de una solución para conducir electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua.

Estos iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente. Entre más concentrado de solución de fuente sea añadido al agua, el número de iones se incrementa, junto con la conductividad. En el agua y en fluidos iónicos puede generarse el movimiento de una red de iones cargados, por lo cual este proceso produce corriente eléctrica y se denomina conducción iónica. Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la

República y el Ministerio de Salud, la conductividad se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de $400\mu\text{S}/\text{cm}$ (Rodríguez, 2009).

2.40. Potencial de Hidrógeno (PH).

Se le define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno. La escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C . El registro del pH en las aguas puede ser de tipo natural o artificial, puede variar entre 4.5 y 8.5 e incluye el valor de 5.6 del pH del agua de lluvia en equilibrio con el CO_2 atmosférico. Como causa natural se encuentra el anhídrido carbónico disuelto, procedente de la atmósfera, y, más fundamentalmente, del que se encuentra en la zona de infiltración de la tierra producido por la respiración de los organismos vivos, así como de la respiración y fotosíntesis de los organismos acuáticos. Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, el pH se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado mínimo de 6.5 y un máximo admisible de 8.5 (Rodríguez, 2009).

2.41. Magnesio (Mg).

El magnesio no existe libre en la naturaleza. Se encuentra combinado como carbonato, MgCO_3 , constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Como sulfato y cloruro forma parte de las sales dobles en diversos yacimientos. Los silicatos más corrientes, donde encontramos el magnesio asociado son, el talco (piedra de jabón) de fórmula $\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$, el asbesto, $\text{Mg}_3\text{Ca}(\text{SiO}_3)_4$, la sepiolita o espuma de mar de fórmula $\text{MgSi}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la serpentina, $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y el olivino o peridoto, Mg_2SiO_4 .

Se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución

de los huesos. Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo (Rodríguez, 2009).

2.42. Efectos del Magnesio sobre la Salud.

El magnesio no ha sido testado, pero no es sospechoso de ser cancerígeno, mutagénico o teratógeno. La exposición de los vapores de óxido de magnesio producidos por los trabajos de combustión, soldadura o fundición del metal pueden resultar en fiebres de vapores metálicos con los siguientes síntomas temporales: fiebre, escalofríos, náuseas, vómitos y dolores musculares. Esto se presenta normalmente de 4 a 12 horas después de la exposición y duran hasta 48 horas. Los vapores de óxido de magnesio son un subproducto de la combustión del magnesio.

2.43. Efectos Ambientales del Magnesio

En un espectro del 0 al 3, los vapores de óxido de magnesio registran un 0,8 de peligrosidad para el medioambiente. Una puntuación de 3 representa un peligro muy alto para el medio ambiente y una puntuación de 0 representa un peligro insignificante.

Los factores tomados en cuenta para la obtención de este ranking incluye el grado de perniciosidad del material y/o su carencia de toxicidad, y la medida de su capacidad de permanecer activo en el medioambiente y si se acumula o no en los organismos vivos. No tiene en cuenta el grado de exposición a la sustancia. El polvo de magnesio no es sospechoso de ser altamente dañino para el medio ambiente. En forma de óxido de magnesio se ha establecido una la toxicidad en el agua en 1000 ppm.

2.44. El Calcio en el Agua.

De los cationes encontrados en la mayoría de los sistemas de agua dulce, el calcio tiene generalmente la mayor concentración. La química del calcio, aunque es bastante complicada, es más simple que las de los iones de metales de transición encontrados en el agua. El calcio es un elemento importante en muchos procesos geoquímicos y los minerales constituyen las fuentes primarias del ión calcio en las aguas. Entre los minerales primarios que contribuyen a este elemento está el yeso, $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$; la anhidrita, CaSO_4 ; la dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, la calcita y la aragonita que son diferentes formas minerales del CaCO_3 .

El ión de calcio, junto con el de magnesio y a veces el ión hierro (II), determinan la dureza de agua. La manifestación más común de la dureza del agua es el precipitado coaguloso formado por el jabón en agua dura. La dureza temporal se debe a la presencia de iones calcio y bicarbonato en el agua y puede eliminarse hirviéndola (Domínguez, 2007).

Aunque las concentraciones de ambos sean mayores en el caso de riego con aguas residuales, estas concentraciones decrecen con el paso del tiempo. Tanto el Calcio como el Magnesio son elementos fundamentales para el buen desarrollo del césped. Cuando existe una carencia de estos elementos en el césped, Problemas relacionados con el Sodio suelen ser comunes (Hayes, 1995).

2.45. Sodio en el Agua.

El ión sodio, Na^+ , corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar. Suele estar asociado al ión cloruro. El contenido en aguas dulces suelen estar entre 1 y 150 ppm, pero es fácil encontrar valores muy superiores, de hasta varios miles de ppm. El agua de mar contiene cerca de 11.000ppm. Es un indicador potencial de corrosión.

La determinación analítica se hace por fotometría de llama. En los análisis rutinarios el ión sodio no se determina sino que se calcula como diferencia entre el balance de iones y cationes.

El sodio se elimina por intercambio iónico, pero como ión monovalente es una de las primeras sustancias que fugan de la columna catiónica o del lecho mixto (Rigola, 1990).

2.46. Cloruros.

El ión cloruro, Cl, forma sales en general muy solubles. Suele ir asociado al ión Na⁺, especialmente en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mucho mayores. Las aguas salobres pueden tener centenares e incluso millares de ppm. El agua de mar contiene alrededor de 20.000ppm.

El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola industrial. A partir de 300ppm el agua empieza adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ión que puede penetrar la capa protectora en la interfase óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural. Se valora con nitratos de plata usando cromato potásico como indicador. Se separa por intercambio iónico (Rigola, 1990)

2.47. Nitratos.

El ión nitrato, NO₃, forma sales muy solubles y bastante estables, aunque en medio reductor puede pasar a nitrito, nitrógeno, o amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm, pero las aguas contaminadas, principalmente por fertilizantes, pueden llegar a varios centenares de ppm. Concentraciones elevadas en las aguas de bebida pueden ser la causa de cianosis infantil. Industrialmente no tiene efectos muy significativos, e incluso es útil para controlar la fragilidad del metal de las calderas.

Su determinación en el laboratorio es complicada y se realiza en general por espectrofotometría, resultante de la absorción de la radiación UV por el ión nitrato.

Se elimina por intercambio iónico, pero no es un método económico en los procesos de potabilización en grandes volúmenes. Están en desarrollo procesos de eliminación biológicos. Su presencia en las aguas superficiales, conjuntamente

con fosfatos, determina la eutrofización, que se caracteriza por un excesivo crecimiento de las algas (Rigola, 1990).

2.48. Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Las actividades domésticas, pecuarias, agrícolas e industriales, además de algunas ocurrencias naturales, son fuentes potenciales de aporte de sólidos en suspensión a las aguas residuales. Consideran que los efectos de los sólidos suspendidos en los cuerpos receptores varían según el tamaño y naturaleza de los sólidos; pero desde que un punto de vista general, los efectos más notables son; interferencia con la penetración en la luz solar (turbiedad) y el azolve de los cuerpos de agua. El reglamento en Materia de contaminación Hídrica indica que los sólidos suspendidos totales en forma diaria no deben ser mayores a 60 mg/l (Delgadillo, 2010).

2.49. Dureza.

El agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio. Son las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales. Es un agua que no produce espuma con el jabón, que a veces altera el color de la ropa sin poder lavarla correctamente, forma una dura costra en las ollas y en los grifos y, algunas veces, tiene un sabor desagradable. El agua dura contiene iones que forman precipitados con el jabón o por ebullición (Rodríguez, 2009).

2.50. Costo de tratamiento

La variable cuantitativa, costo de tratamiento, se refiere al valor económico que representa la construcción de un biodigestor de tipo laguna, cubierto en la parte inferior por una geomembrana, y en la superior por una capa de polietileno de alta densidad. Para determinar el costo de tratamiento por establo, se usaron los datos recabados en la entrevista semiestructurada dirigida a productores. Para

establecer el costo del biodigestor, se usó el número total de vacas en cada establo. Los valores usados se describen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Costo de un biodigestor en función del número de vacas

Número de vacas	Costo de un biodigestor (pesos mexicanos)
200	1'512,615.68
300	1'519,160.80
400	1'525,040.68
500	1'530,401.62
1000	1'553,247.04
1500	1'572,294.28
2000	1'589,297.00

Construido a partir de los datos de Casas-Prieto *et al.*, 2009.

2.51. Cumplimiento de Norma

La variable cumplimiento de norma hace referencia a si el tratamiento de agua residual en los establos lecheros, disminuye los indicadores de contaminación hasta los niveles permitidos por la NOM-ECOL-001-1996.

Se determinó si los establos cumplen o no con la norma, realizando los análisis de laboratorio que los productores hubieran realizado, de cada una de sus descargas. Se prestó mayor atención a los valores correspondientes a sólidos suspendidos totales, Plomo (Pb), Arsénico(As), Cadmio (Cd), Nitratos, cloruros, etc.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características Generales

El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de suelos ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la cual está ubicada en Torreón Coahuila, México. Con Coordenadas: 25°32'40" N; 103°26'30" O, a 1140 metros sobre el nivel del mar.

3.2. Materiales

3.2.1. Agua Residual

Se tomaron dos muestras de Agua residual en el establo lechero Rancho el Porvenir. Francisco I. Madero Coahuila. Para su análisis fisicoquímico.

3.2.2. Aparatos utilizados

- PH- metro (HI-98240)
- Conductivímetro (ATC HI 9835)
- Balanza analítica
- Kit de prueba arsénico
- Espectrofotómetro de absorción atómica

3.3. Metodología

Para la realización de este trabajo de investigación se tomaron en consideración diferentes parámetros como la temperatura, el pH, la conductividad, la concentración de la dureza total, metales pesados, utilizando el aparato de absorción atómica (PERKIN EIMER2380), y el espectrofotómetro, respectivamente por lo que a continuación se realiza una descripción de cada uno de los parámetros en estudio.

3.4. Procedimiento del experimento

Se tomaron dos muestras de agua residual proveniente del flush de las naves donde se encuentran las vacas, una muestra será en la pila de desarenador y la segunda en la pila general donde se almacena el agua residual que está libre de materia orgánica.

De cada muestra se sometió a análisis químicos para determinar sus características físicas y químicas básicas como lo es el pH, CE, etc., y así mismo se realizaran evaluaciones de diversos metales pesados, entre ellos: As, Zn, Cd, Pb, etc. Los metales se determinaran y se leerá en aparato de absorción atómica.

3.5. Descripción del análisis fisicoquímico

Se tomaron las muestras para su análisis físico químicos .No se tomo ningún diseño estadístico debido a la magnitud del predio.

3.5.1 Variables Evaluadas

Para estudiar el análisis del agua se evaluaron las siguientes variables.

3.5.2. Salinidad

Para analizar la evaluación de esta variable se tomo la lectura con la ayuda de un Conductivímetro calibrado.

3.5.3. Sodio (Na)

En esta variable, se tomo una muestra de agua posteriormente se analizaron en el laboratorio.

3.5.4. Magnesio (Mg)

En esta variable, se tomo una muestra de agua posteriormente se analizaron en el laboratorio.

3.5.5. Calcio (Ca)

En esta variable, se tomo una muestra de agua posteriormente se analizaron en el laboratorio.

3.5.6. Potencial de Hidrogeno (PH)

Para realizar este análisis, se tomo la muestra de agua residual y luego se tomo la lectura con la ayuda de un PH-metro calibrado.

3.5.7. Cloruros

En esta variable, se tomo una muestra de agua posteriormente se analizaron en el laboratorio.

3.5.8. Nitratos (No₃)

En esta variable, se tomaron muestras de agua posteriormente se analizaron en el laboratorio mediante la metodología de la **(NMX-AA-079-1986)**.

3.5.9. Sólidos suspendidos totales (SST)

Este análisis se realizó mediante la metodología de la NMX-AA-034-SCFI-2001 Se tomó la muestra de agua de 100 mL como volumen adecuado, se puso la muestra a la capsula de porcelana que previamente se puso a peso constante y luego se llevó la muestra en la estufa a 103°C-105°C., después se dejó enfriar a temperatura ambiente y se determinó su peso hasta alcanzar peso constante.

3.5.10. Arsénico (As)

Este análisis se realizó con el Método colorimétrico.

3.5.11. Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Zinc (Zn).

Se realizó la extracción con HNO₃4M realizando la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica (PERKIN EIMER 2380)

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Establo lechero de Francisco I. Madero Rancho el Porvenir, se encuentra en un nivel de avance aceptable en cuanto a tratamiento de aguas residuales, pese a la heterogeneidad de los mismos. Se encontró que el establo lechero cuentan con tratamiento posee un separador de sólido y un decantador de arena.

Entre las mejoras consideradas por los ganaderos a futuro, están la instalación de separadores de sólidos y la construcción de fosas de sedimentación. Entre las principales razones por las que no se realizan o no se planean realizar mejoras al sistema están:

- (a) La inseguridad de continuar con la actividad en el sitio actual debido al crecimiento de la población.
- (b) La inseguridad de continuar con la actividad debido a la crisis económica
- (c) La falta de recursos económicos.
- (d) Los productores se muestran satisfechos con los avances realizados hasta el momento, los cuales han sido suficientes para evitar ser sancionados por las autoridades.

De la percepción de los informantes clave en relación a la problemática ambiental del establo lechero se determinó que la situación geográfica y económica del establo es determinante, así como la actitud de los productores hacia el tema ambiental. Se destaca la falta de divulgación de los programas gubernamentales para la instalación de los biodigestores.

4.1. Análisis de agua residual

Sólo se obtuvieron los análisis químicos de la descarga de agua residual del Establo.

El cuadro 5. Presenta los valores del análisis de agua residual del establo.

El resultado pertenece a uno de los productores con nivel de avance dos, es decir con un separador de sólidos con un decantador de arena. A pesar de ser el

productor con mayor nivel de avance, todos los indicadores se encuentran por cumplimiento de la norma.

El resultado pertenece a uno de los productores con nivel de avance dos, es decir con un separador de sólidos y un decantador de arena. A pesar de ser el productor con mayor nivel de avance, casi todos los indicadores se encuentran por cumplimiento de la Norma.

Cuadro 5. Análisis químico de influente de agua residual al biodigestor

Indicadores de Contaminación	Unidad	Establo
Conductividad eléctrica	mS/cm	2.84
Potencial de Hidrogeno	mg/L	7.06
Cloruros	mg/L	280
Nitratos	mg/L	17.37
Magnesio	mg/L	67.2
Calcio	mg/L	128
Sodio	mg/L	377.2
Plomo	mg/L	0.03
Cadmio	mg/L	0.01
Zinc	mg/L	0.2
Arsénico	mg/L	0.1
Sólidos suspendidos		
Totales	mg/L	361.8

Cuadro 6. Análisis químico de agua residual de la descarga del establo Comparado con Los limites indicados en la Norma Oficial.

Indicadores de contaminación	Unidad	Establo	Límite Máximo permisible
Conductividad eléctrica	mS/cm	3.09	2000
Potencial de Hidrogeno	mg/L	7.1	6.5-8.5
Cloruros	mg/L	154	250
Nitratos	mg/L	37.61	10
Magnesio	mg/L	57.6	150
Calcio	mg/L	96	200
Sodio	mg/L	508	200
Plomo	mg/L	0.07	0.5
Cadmio	mg/L	0.03	0.2
Zinc	mg/L	0.1	10
Arsénico	mg/L	0.02	0.2
Sólidos suspendidos			
Totales	mg/L	232.9	150

De acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996 y NOM-127-SSA1-1994.

Cuadro 7. Concentración de metales pesados de entrada y salida de agua del biodigestor.

Metales	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L)
As	0.1	0.02
Cd	0.01	0.03
Pb	0.03	0.07
Zn	0.2	0.1

Arsénico, Cadmio, Plomo, Zinc

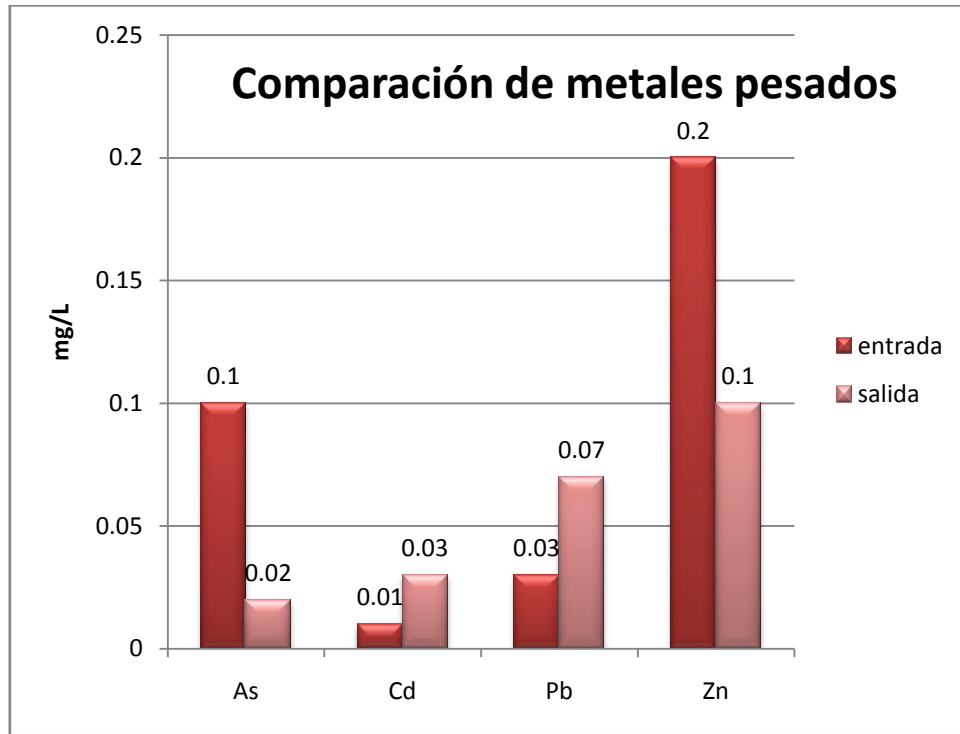


Figura 4. Contenido de metales pesados en el agua antes y después de la digestión.

V.- CONCLUSIONES

La percepción de los productores al problema ambiental dificulta la mejora de los tratamientos. Los productores no se sienten responsables de la contaminación del agua debido a que desconocen el proceso de contaminación que se genera a partir de la descarga, y consideran que su actividad no genera graves problemas de contaminación. Los productores reconocen la necesidad de cuidar los ecosistemas, sin embargo, consideran secundaria su solución en comparación con los problemas productivos de su actividad.

Los productores de leche tienen poco interés en invertir en los biodigestores principalmente porque no tienen asegurada su permanencia en el sitio actual debido a la urbanización de Francisco I. Madero, a la situación económica, y en menor medida a la inseguridad. La falta de difusión de los programas gubernamentales que ofrecen apoyo económico para la construcción de los biodigestores agudiza el poco interés en invertir en los tratamientos.

Las características analizadas y de acuerdo con la información que se genera, se puede concluir lo siguiente:

- La conductividad eléctrica igualmente no presentó valores fuera de lo establecido, sigue manteniéndose por debajo de los límites máximos permisibles, Según lo establecido.
- En lo que respecta el pH se encuentran entre los valores normales, tal y como se puede apreciar en los resultados.
- Los cloruros igualmente no presentaron valores fuera de lo establecido, se mantiene por debajo de los límites máximos permisibles, según lo establecido.
- Los Nitratos de acuerdo a los resultados se encuentran arriba de lo normal según lo que establece la NOM-127-SSA1-1994.

- Magnesio se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994.
- En cuanto a la dureza del Calcio, Sodio en las muestras analizadas en cada Uno de los valores de concentración en miligramos por litro, el calcio se encuentran entre los valores normales, según los valores registrados y el Sodio esta por arriba de la norma.
- Los sólidos suspendidos totales, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles que establece la NOM-001-ECOL-1996.
- El Plomo, Cadmio, Zinc y Arsénico de acuerdo a los resultados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996.

VII.- BIBLIOGRAFÍA

Alloway, B.J., 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic & Professional. Londres. 370 pp.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2005. Division of Toxicology. ATSDR Information Center: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html#bookmark05>.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2008. Reseña toxicológica del cadmio (versión para comentario público) (en inglés).Atlanta, ga: Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU., servicio de salud pública.

Agricultura, comercio y medio ambiente sector lechero. (OCDE).2004.

Aguilar, A., Valdés, Misael, López y Lozano, 2006. Como lograr que la ganadería lechera mexicana sea competitiva a nivel internacional. *Revista mexicana de Agronegocios, enero-junio. Año*, vol., número 018 Universidad Autónoma de la Laguna, Torreón, México

Álvarez y Ma, 2006. El sistema lácteos en México: Contradicciones y perspectivas. En: Caballotti vb, ganadería desarrollo sustentable y combate a la pobreza. México. Universidad Autónoma de chapingo.

Anders y J., S., 2007. Biogas production and use on California's dairy farms. A survey of regulatory challenges.Epic (energy policy initiatives center).University of San Diego School of law Anon 1991.

Asano y T, 1998. Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library. Vol.10.Technomic publications.

Banco de México, 2002. Metodología para el cambio de base del inpc. Banco de México.

Boltvinik, Julio, Hernández y Enrique., L., 1999. Pobreza y distribución del ingreso en México. Ed. Siglo veintiuno. México. D.

Bothi. vB.S, K.L.Y. y .Aldrich, 2005. Feasibility study of a central anaerobic digester for ten dairy farms in Salem n.y. Manure management program Cornell University <http://www.Manuremanagement.Cornell.Edu.Acseeso>> el 2 de junio 2007.

Campero, O., Kristinc, G., Cuppens, T., Mizme, P. (2008). Implementación del programa de mitigación de los efectos negativos del gas metano CH₄, con la ejecución de acciones integrales de energías renovables y medio ambiente en el área rural de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. (*Tecnologías en Desarrollo*. 1-36.

Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas. (CNOG). 2005. Información económica pecuaria. México.

Cervantes y Ef., S., Ma, 2001. Lechería familiar: Factores de éxito para el negocio. 1ª ed. México: Plaza y Valdés editores; 88-99.

Cervantes, R y J, 2000. Dado en palacio legislativo de san lázaro México DF.

Cervantes, F., Escoto, Vargas, A.C. y Sánchez, S.L.P., 2007. El abandono de la ganadería lechera y reconversión productiva en chipilo, Puebla.

Cervantes, F.S., H.; Álvarez, A., 2001. La producción de leche en el entorno nacional». En: *Lechería familiar: Factores de éxito para el negocio*.

Cesín, V.A., F. M. Aliphath Y V. B. Ramírez 2006. 2006 comportamiento de la ganadería lechera mexicana en los albores del siglo xxi. En: Cavallotti vb, et al editores. Ganadería, desarrollo sustentable y combate a la pobreza. México. Universidad autónoma chapingo.

Corey, G., Cassanha, Luiz, Ac.Galvao y 1987. Centro panamericano de ecología humana y salud organización panamericana de la salud organización mundial de la salud.

Council, N.D.E.S., 2007.Strategies for increasing implementation and fostering innovation in dairy manure management.En línea:
<http://www.Suscon.Org/dairies/ndesc.Asp>

Craggs y R.J., T., C.C., Sukias, J.P.S. Y Davies-Colley R.J., 2003. Dairy farm wastewater treatment by an advanced pond system.*Water science and technology*. Vol .48, pp.

Cochet,Hubert,Eric Léonard y Jean Damien de Surgy.1988. Paisajes agrarios de Michoacan,Zamora, Colegio de Michoacán.

Chastain, J.P., M.B., Vanotti y Field., M.M.W., 2001. Effectiveness of liquid-solid separation for treatment of flushed dairy manure - a case study. Transactions of the asae 17.

Chauvet y M, 2001. Los nuevos retos de la ganadería. En: Historia ambiental de la ganadería en México. Editado por: Lucina Hernández. L'institut de reserche pour ledeveloppement, Francia. Instituto de ecología. México, Veracruz., pp276.

DOF. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

DOF. 2010. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 6 de mayo de 2010. 103 pp.

DOF. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 23 de abril de 2003.

DOF. 2008. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 18 de mayo de 2008. 103 pp.

Del Valle, M.C.; Álvarez, A. y García, L.A. 1996. Viabilidad y perspectivas de desarrollo en el nuevo reordenamiento mundial. El sistema leche y lácteos en México. Pual y IIEc-UNAM. pp. 275-287.

Delgadillo, O., Camacho, A., F.Pérez, L. y Andrade, M., 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.

Domínguez, M.D.C.D. y Bazúa, D., 2007. Introducción a la química ambiental *Primera edición 2007*.

Guitart, R., Vernon, G y Thomas, 2005. Es el plomo empleado en deportes (caza, tiro y pesca deportiva un problema de la salud pública infravalorado *Española de Salud Pública, noviembre-diciembre, año, vol. 76*.

Huang y, C.P., 1999.Environmental soil chemistry and human welfare.14° congreso Latinoamericano de la ciencia del suelo. Sociedad chilena de la ciencia del Suelo. Temuco. Chile.

INEGI, 1995. CNG Información económica pecuaria no, 7.1998.

INEGI, 1994. (Instituto nacional de estadística, geografía e informática), estadísticas históricas de México, tomo 1, México.

INEGI, 2003. Anuario estadístico de torreón Coahuila 2009. Instituto nacional de estadística y geografía, gobierno el estado de torreón Coahuila. México.

Lazos y Elena, 1996. El encuentro de subjetividades en la ganadería campesina, México, unam, ciencias,

Louette, D., Peter Gerritsen Y Jesús Rosales, 1997. La actividad ganadera en la reserva de la biosfera sierra de manantlán: Un primer diagnóstico, autlán, universidad de Guadalajara/centro universitario de la costa sur/departamento de ecología y recursos naturales/instituto manantlán de ecología y conservación de la biodiversidad, proyecto de desarrollo agroforestal de la sierra de manantlán, informe técnico final.

Luis, H. W., Avery, S. T., Mills, S. W., Njaggah, P. and Odiambo, P. "Performance of the Phase II Dandora Waste Stabilization Ponds the Largest in Africa: The Case for Anaerobic Ponds", En: Revista Science and Technology. Vol.33 (7). 1996. pp.

Llambí y Luis, 1996. Globalización y nueva ruralidad en América latina. Una agenda teórica y de investigación. En Lara, f. S. Y chauvet, m. (coords.) la inserción de la agricultura .Mexicana en la economía mundial, parte de de grammont h. Y tejera g. H. (coords.) la Sociedad rural mexicana frente al nuevo milenio, inah, uam, unam y plaza y Valdés pp.

Martínez, Almela, J.2002.Nuevas alternativas para el tratamiento de subproductos.

Matte y D., T., 2003. Efectos del plomo en la salud de la niñez. Vol. 41.

Maúlen, I, R., S, V., E, S., Hernández, V.R., L., R. & Rosado, J., 1999. Impacto nutricional del consumo de una leche entera adicionada con vitaminas y minerales en niños. Salud pública de México. . Vol. 41, pp.

Metcal, L.Y.E., H.P.1991.Wasterwater engineering. Treatment, disposal, and reuse. *3ra edición. McGraw-Hill. Estados Unidos.*

National Dairy Environmental Stewardship Council. 2007. Strategies for increasing implementation and fostering innovation in dairy manure management. En línea: <http://www.suscon.org/dairies/ndesc.asp>. 18 pp.

Pineda, Hernández y R, 2004. Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de *glomus intraradices* en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (*helianthus annuus l.*) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina.

Prieto, M.Á.C., Lucero, B.A.R., Zapata, M.S., Lerma, A.S., Morales, H.A.M., González, M.I.C. y Chistian Mauricio Keissling, 2009. Estudio de factibilidad para la puesta en marcha de los digestores anaeróbicos en establos lecheros en la cuenca de delicias, chihuahua. Mexicana de Agronegocios, enero-junio.1405-9282.Mexico. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C: Universidad Autónoma de la laguna: UAAAN.

Rivas Solano, O.F.V., Margie; Guillén Watson, Rossy 2010. Biodigestores: Factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. Vol. 23.

Rigola, M. y Peña, L., 1990. Tratamiento de aguas industriales.

Rodríguez, J. y Zamora¹, 2009. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las asociaciones administradoras del acueducto, asadas, de cada distrito de Grecia, cantón de a la juela.

Sagar, 1996. Programa de producción de leche y de sustitución de las importaciones. México.

SIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Datos oficiales. Disponibles en el portal electrónico del SIAP

SAGARPA-CEA, 2000. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México: SAGARPA-CEA, 1990-2000.

SAGARPA Y SIAP., 2006. .Boletín de leche enero-junio.

Sukias, J. and C.Tanner.2006.Ponds for livestock wastes. I n: Pond treatment technology. Chapter 19.IWA Publishing. (A. Shilton ed). International water association.pp

Sauvé, S, W., Henderson, H, E y Allen, 2000. Solid-solution partitioning of metals in contaminated soils: Dependence on ph, total metal burden, and organic matter. Environ.

Seoáñez y Calvo, M., 1999. Ingeniería del medio ambiente. Aplicada al medio natural continental. La contaminación del medio natural continental: Aire, aguas, suelos, vegetación y fauna. Tecnologías de identificación, lucha y corrección. 2da edición. Ediciones mundi-prensa. México D.F. pp.

Seroa De Motta, R., Contreras, H. Y Saade, L., 2000.Wastewater effluent charge in Mexico. En: Instrumentos de mercado para la política ambiental en América latina y el Caribe.

Spain, A., 2003. Implications of microbial heavy metals tolerance in the Environment. Reviews in undergraduate research.

Toledo y Manuel, V., 1990. El proceso de ganadernización y la destrucción biológica y ecológica de México, en e. Leff (ed.).Ambiente y desarrollo de México vol. Primero, México Universidad Autónoma de México.

Volke, S. T., Velasco, T. J. A y De La Rosa, A. 2005. Suelos Contaminados por Metales y Metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. S y G Editores, S.A. de C.V., México, D. F. ISBN: 968-817-492-0

Valdés P. F. 1999. La Contaminación Por Metales Pesados en Torreón Coahuila.
En Defensa del Ambiente A.C Torreón Coahuila.

Zhang, Q, Davis, L. C., y Erick, L. E. 2000. Heavy, Metal. In: Hazardous Substance
Res. 2 (4):1