

Plan de gestión para el desarrollo sostenible de explotaciones lecheras de la cuenca de Delicias

Management plan to sustainable development for dairies industries at Delicias region.

BERTHA ALICIA RIVAS-LUCERO^{1,2}, ARMANDO SEGOVIA-LERMA¹, HUGO A. MORALES-MORALES¹,
JESÚS GUILLERMO HERMOSILLO-NIETO¹ Y JOSÉ EDUARDO MAGAÑA-MAGAÑA

Recibido: Marzo 14, 2008

Aceptado: Abril 7, 2008

Resumen

El establecimiento de un plan de gestión para el aprovechamiento de los desechos del ganado en las explotaciones lecheras es un aspecto fundamental para establecer una política ambiental que conduzca al desarrollo sostenible de esta actividad productiva. La gestión inadecuada de los desechos del ganado ha conducido a problemas ambientales produciendo degradación del suelo, contaminación de aguas superficiales y subterráneas y de la atmósfera, ocasionando riesgos en la salud de los animales y del hombre. El objetivo fue desarrollar un plan de gestión integral de los desechos del ganado, dándoles valor agregado para minimizar impactos ambientales. El plan se basó en el diagnóstico de la actividad ganadera en la región de Delicias, Chihuahua a través de un censo ganadero, el uso de imágenes de satélite y de parámetros indicadores como Conductividad Eléctrica (CE), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y nutrientes en los desechos para determinar potencial de aprovechamiento o riesgo de contaminación. La cuenca lechera cuenta con aproximadamente 58,000 cabezas de ganado que producen diariamente alrededor de 2,900 m³ de excretas, generándose aproximadamente 12,000 m³ día⁻¹ de aguas residuales lo cual muestra el potencial de aprovechamiento. La CE y la DQO de las aguas residuales muestran valores desde 0.79 hasta 12.42 mS/cm y de 709 a 1450 mg L⁻¹ respectivamente indicando riesgos de contaminación en el medio ambiente. Se observa que éstas aportarán nutrientes en promedio de 26.4 y 37.8 mg/l para nitrógeno y fósforo, respectivamente. El plan de gestión incluyó prácticas de uso y manejo de los residuos y uso de tecnologías a través del establecimiento de una cultura ambiental que permitan su aprovechamiento y conduzcan al desarrollo sostenible de la región.

Palabras clave: *Tecnologías de tratamiento, reutilización de desechos del ganado*

Abstract

The establishment of environmental policies to promote sustainable development on dairies at Delicias region involves a waste management plan to accomplish the profitability of this economic activity. The Inappropriate management of dairies wastes produces soil degradation, groundwater and water contamination, air pollution which is a risk factor to animals and human health. The study objective was to develop a plan to manage properly the waste of dairies at Delicias region, it in order to take advantage of end products and to reduce the environmental impact of raw wastes. The base of the plan was a diagnostic and a census carry out on all feedlots using environmental quality indicators such as nutrients, Electric Conductivity (EC) and Chemical Oxygen Demand (COD) as well as satellite images from Delicias region. The EC, COD and nutrients such as nitrogen (N) and phosphorus (P) were tested to identify the potential usage and its contamination level. The region includes an estimated of 58,000 milking cows with 2,900 m³ of manure producing 12 000 m³ day⁻¹ of untreated wastewater, which represents an opportunity to take advantage of marketable end products. The EC and COD of wastewater ranged from 0.79 to 12.42 mS/cm and from 709 a 1450 mg L⁻¹ respectively expressing a risk factor to the public health. Values of N and P were 26.9 y 33.12 mg L⁻¹ respectively. The plan of waste management included practices and technologies to take advantage of the end products at the same time the establishment of an environmental culture to facilitate the sustainable develop at Delicias region.

Key words: *Waste management technologies, manure recycling*

¹Profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Km. 2.5 Carretera Delicias-Rosales. C.P. 3000. Ciudad Delicias, Chihuahua. México. Tel: (639) 4-72-27-26.

²Dirección electrónica del autor de correspondencia: brivas@uach.mx.

Introducción

En años recientes en la región de Delicias, Chihuahua ha ocurrido un crecimiento de la industria lechera que ha contribuido al desarrollo económico de la región. Esta expansión ha conducido a una gran generación de residuos tanto sólidos como líquidos del ganado que puede afectar la calidad del aire, suelo y las aguas superficiales y subterráneas.

Los desechos del ganado son fuente de nutrientes (N, P y 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 aplicación. Las aguas residuales provenientes de la ganadería tienden a ser más concentradas que las domésticas y exhiben un amplio rango de contaminantes y características físico-químicas que pueden influir en los sistemas de tratamiento, por lo cual es importante contemplar las características de los desechos si se busca su reutilización y en base a esto establecer su manejo y posterior tratamiento (Sukias y Tanner, 2005).

Actualmente en la mayor parte de la región, no se ha aplicado un plan que permita el buen manejo y tratamiento de los residuos que tienda a minimizar los problemas ambientales y proporcione alternativas de utilización de estos. A este respecto, es importante mencionar que en algunos establos se están usando lagunas de oxidación o se está composteando el estiércol para darle tratamiento a los desechos y luego aplicarlos a los cultivos. Sin embargo, estas lagunas no tienen el diseño adecuado y traen problemas de malos olores. Por otro lado, el tratamiento del estiércol no está siendo el adecuado y se está desperdiciando el valor energético que tiene y que en otros países lo están

aprovechando para la obtención de biogás (Anders, 2007).

La aplicación de prácticas ambientalmente amigables y la persecución de nuevas tecnologías como un negocio y como un sustento dependen en última instancia de que las prácticas de la industria lechera sean sostenibles. Dicha industria no será sostenible si los recursos naturales son degradados. Esto significa que es importante que los productores tomen acciones para evitar los impactos ambientales, para proteger el suelo y agua que forma la base de la producción y se dé a conocer que esta actividad es ambientalmente responsable (Castillo, 2004; DEC, 2006).

Dentro de los planteamientos para lograr un buen plan de gestión, existen alternativas entre las que se encuentran el uso de tecnologías de tratamiento con diseños sencillos o sofisticados aplicables a diferentes condiciones y posibilidades económicas. El objetivo de estos sistemas de tratamiento de residuos es reducir la contaminación y a la vez aprovechar los nutrientes de los residuos tanto sólidos como líquidos (USDA, 1996).

Lo anterior muestra que los desechos del ganado pueden tener un gran potencial de reutilización si se aprovecha su valor energético, su valor como fertilizante o su valor como mejorador de los suelos. Sin

embargo, también se muestra el gran potencial que pueden tener para alterar el medio ambiente cuyos efectos puede que no sean observados todavía. Esto significa que la acción es necesaria ahora para prevenir impactos en el futuro por lo cual, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un plan de gestión para lograr el aprovechamiento integral de los residuos del ganado lechero que permita darles un valor agregado además de minimizar los impactos ambientales que conducirá a una mejor calidad ambiental en la región y lograr su desarrollo sostenible.

Materiales y métodos

Diagnostico de las explotaciones ganaderas de la región. Para realizar el diagnóstico se realizó un censo ganadero a través de encuestas a los productores para conocer el número de establos lecheros, cabezas de ganado, estado productivo y otros parámetros para definir el tipo de explotación lechera.

Se determinó la ubicación geográfica de los establos con ayuda de un GPS, misma que fue insertada en imágenes tipo raster producida a partir de un modelo digital del terreno. Así mismo, se usaron imágenes de satélite para visualizar riesgos de contaminación. Los datos TM, se adquirieron del satélite Landsat-TM, correspondiente a la escena 3141 capturada en marzo del 2003 y con una resolución espacial de 25 m. Fue procesada y analizada en Idrise Kilimanjaro.

Para realizar el diagnóstico de los desechos del ganado se utilizaron indicadores, mismos que fueron evaluadas en los establos de explotación intensiva y que a continuación se describen.

Conductividad eléctrica (CE). Se determinó en aguas residuales y agua de pozo de 28 establos. La profundidad de los pozos muestreados fue variable dependiendo de la zona, desde 10 hasta 70 m. Así mismo, se determinó la CE en pasta saturada en muestras de suelo de dos terrenos que son regados con aguas residuales en la región, La CE se determinó con un puente de conductividad marca Hach Modelo DREL/2010. Para determinar el riesgo de daño por sales a las plantas o al suelo al utilizar las aguas residuales en riego agrícola a través de la CE se utilizó el estándar (LMP) de 2000 mS/cm establecido por la Norma Oficial Mexicana (NOM-032-ECOL-1993).

Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se determinó por el método de reflujó (APHA, 1998) en 19 muestras de aguas residuales para evaluar la carga orgánica.

Nutrientes. Se determinó nitrógeno amoniacal por el método de Nessler y fósforo total con el espectrofotómetro Hach Modelo DREL/2010, siguiendo los métodos y calibración propuestos por Hach Company (Hach, 1997).

Desechos generados. Para su estimación fue considerado lo siguiente: Según Nennich *et al.*, (2005), una vaca en producción produce alrededor de 75.2 kg día⁻¹ de estiércol en base húmeda, una vaca seca 38.6 kg día⁻¹, una vaquilla 24.5 kg día⁻¹ y un becerro 12.4 kg día⁻¹. Tarchitsky (2003) menciona que una vaca en producción genera 76 l de estiércol (45 kg de material fecal y 25 l de orina) considerando que las cantidades de estiércol varían de acuerdo al peso del animal y las condiciones de crianza. El cálculo de las aguas residuales proveniente de la sala de ordeña se hizo en base a la cantidad de agua por vaca por día, entre 350 a 750 l dependiendo del sistema utilizado y eficiencia de manejo (Gallieri, 2002).

Plan de gestión. El plan de gestión se basó en el diagnóstico del manejo y disposición de los residuos en las explotaciones ganaderas, promoción del establecimiento de una cultura de aprovechamiento de los residuos a través de prácticas de manejo y del uso de tecnologías para la gestión integral de los residuos en la búsqueda del desarrollo sostenible de la industria lechera en la región.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron por el PROC UNIVARIATE de SAS (1999-2001) en donde se realizó un análisis univariado de los indicadores utilizados.

Área de estudio. La investigación se realizó durante el período 2006-2008. El área comprendió la cuenca lechera de la región de Delicias, Chihuahua. Dicha zona incluye los municipios de Delicias, Rosales, Meoqui y Saucillo. La cuenca lechera se ubica dentro de la jurisdicción del Distrito de Riego 005. Su localización geográfica se delimita por los meridianos 105° 30' de longitud oeste y los 28° 11' de latitud norte, con una altura media sobre el nivel del mar de 1,165 m.

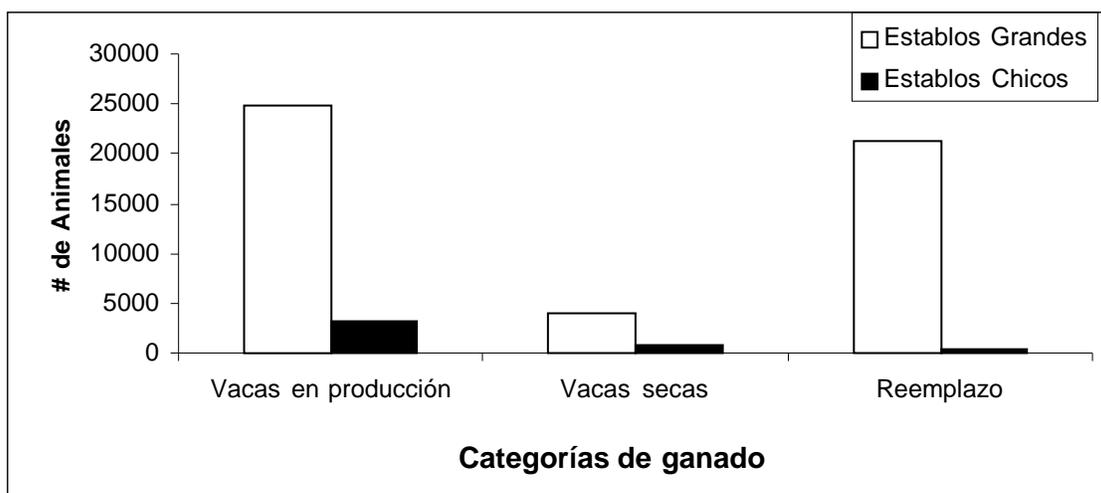
Resultados y discusión

Diagnostico de las explotaciones ganaderas de la región.

De acuerdo con el censo ganadero, en la Cuenca de Delicias existen alrededor de 330 productores, los cuales poseen aproximadamente 56,800 cabezas de ganado lechero. La mayoría de los productores, esto es 267, se ubican en pequeños establos quienes como grupo poseen 4,800 cabezas de ganado; por otro lado, gran parte del ganado se encuentra concentrado en unos cuantos establos de explotación intensiva, es decir, 36 ganaderos poseen más de 52,000 cabezas de ganado. La Figura 1 muestra la gran diferencia que existe en la población de ganado por etapa productiva en ambos tipos de explotaciones.

Se observó que los establos de producción intensiva generalmente usan tecnología avanzada para su explotación; los pequeños establos, por el contrario, se caracterizan por poseer corrales rústicos y estos generalmente carecen de una sala de ordeña.

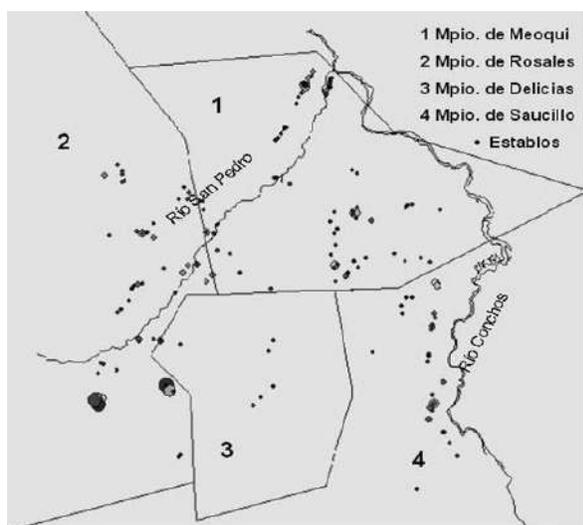
Figura 1. Población de ganado lechero de la Cuenca de Delicias



En lo que respecta a la alimentación, el alimento básico del ganado en la región es alfalfa ya sea en pacas o fresca. Aproximadamente el 27 % de los productores utilizan solo alfalfa, el resto mezclan alfalfa con concentrado, avena, silo de maíz o pastoreo.

La ubicación geográfica de los establos de los municipios que componen la cuenca lechera de la región se muestra en la Figura 2 (puntos negros). En esta figura se puede observar que la mayoría de los establos se concentra en dos áreas bien definidas, representadas por las riberas de los ríos San Pedro y Conchos. La distribución espacial de los establos, pone de manifiesto el daño potencial al ambiente provocado por las grandes concentraciones de purines y estiércol; particularmente sobre las corrientes de agua de los ríos señalados y el suelo. Sin embargo, quizá en el proceso de gestión de esos materiales, resulte un planteamiento que asegure su control integral ya que pueden llegar a formar parte de las corrientes de los ríos Conchos y San Pedro, así como a los canales o drenes cercanos.

Figura 2. Distribución de los establos lecheros en los municipios de la región.



En las imágenes de satélite se observó en especial que el área de influencia cercana al municipio de Delicias y parte de Saucillo, está propensa a la contaminación por esta actividad dentro de las aguas superficiales (canales, arroyos, lagunas y otras); todo esto conjugado por la fisiografía del terreno, las corrientes de drenaje natural y la concentración de establos en una faja única. En cambio, la región que limita al río y que se enclava dentro del pequeño complejo de lomerío alto en forma directa no hay contaminación; sin embargo, indirectamente las corrientes aguas abajo pueden movilizar materiales orgánicos e inorgánicos que contribuyan a que también estas aguas terminen por estar contaminadas. Se estima en promedio una distancia de 1,000 metros entre los establos y las corrientes de agua. Aunque en las imágenes de satélite se calculó que existe una distancia menor (137, 164, 193, 320, 520, 777, 961 m) de establos de explotación intensiva a drenes y canales de riego que se conectan con los cuerpos de agua.

El diagnóstico de los desechos del ganado a través de indicadores mostró los resultados que a continuación se describen (El Cuadro 2 del anexo muestra los intervalos de confianza de estos indicadores).

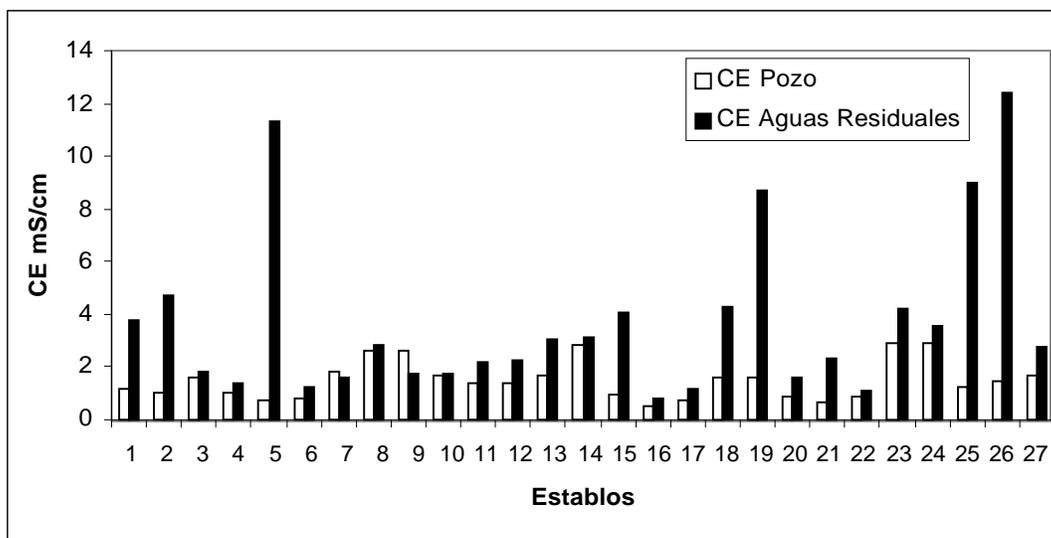
Conductividad eléctrica. La CE tuvo grandes variaciones en las aguas residuales de la sala de ordeña, cuyos valores fluctuaron de 0.79 a 12.42 mS/cm; en tanto que, en el agua de pozo, la variación fue menor, como se observa en la Figura 4. La conductividad eléctrica que mide el contenido de sales, es de suma importancia considerarla sobre todo cuando las aguas van a ser usadas en terrenos agrícolas ya que estas pueden tener un efecto adverso tanto sobre el suelo como en los cultivos. Los altos valores mostrados en más de la mitad de los establos

muestreados indican que existe riesgo de salinización de los suelos o daño a los cultivos si el agua se usa en riego ya que rebasan el límite máximo permisible de 2.0 mS/cm publicado por la norma oficial mexicana (NOM-032-ECOL-1993).

Según Tarchitsky (2003), las variaciones en la calidad de las aguas residuales se pueden deber a varios factores. Cuando el líquido que se obtiene de la separadora es de alta salinidad, los factores que influyen en la concentración de las sales disueltas es el método de extracción del estiércol. Si se realiza con golpe de agua la concentración dependerá de la cantidad de agua utilizada.

Si se utiliza agua de pozo el valor final dependerá de la concentración de agua de pozo. Si esta es mayor que las aguas residuales la concentración aumentará, si es menor se producirá una dilución y la concentración disminuirá. Otro de los factores que puede influir en estas variaciones es el tipo de alimentación. El tipo de alimentación del ganado es una fuente de información relacionada con la calidad de los desechos y puede determinar su potencial de aprovechamiento o las prácticas para su reutilización (USDA, 1996).

Figura 3. Valores de CE en pozo y aguas residuales de establos de la region.



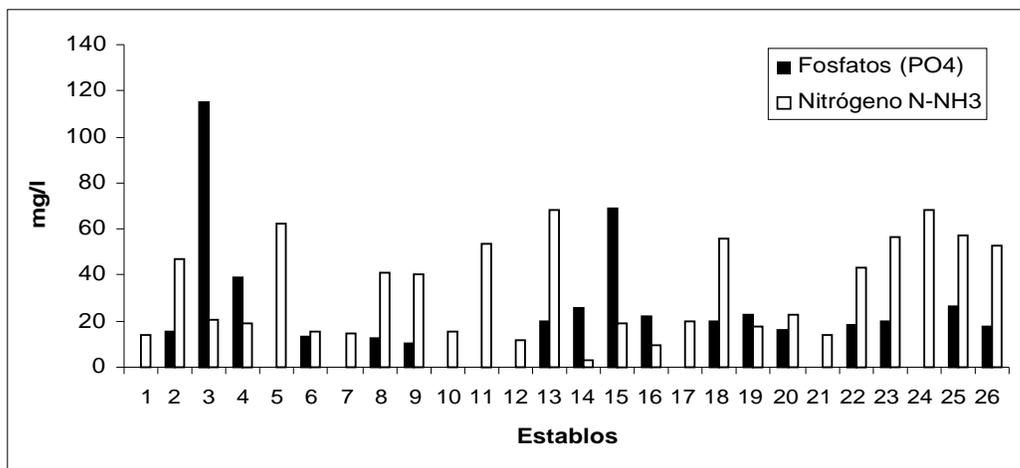
Respecto a la situación de los suelos regados con aguas residuales de establos, se observó que son pocos los establos que las utilizan para regar cultivos ya que la mayor parte de las aguas residuales se libera hacia canales, drenes agrícolas o cuerpos de agua superficiales y otra parte se infiltra. Por otro lado, respecto al riesgo de salinización por el uso inadecuado de las aguas residuales, los resultados de análisis de laboratorio en lo que respecta a CE en muestras de suelo

que está siendo regado con estas aguas muestran valores de 2.93, 6.85, 3.86, 3.57, 3.59 y 5.46 mS/cm. Estos valores indican que los suelos que se encuentran de 2.1–4 mS/cm son moderadamente salinos y de 4.1 – 8 mS/cm son suelos salinos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000), lo cual es de tomarse en cuenta ya que en estos suelos se están mostrando los efectos previamente mencionados.

Nutrientes. En la Figura 4 se observa que las aguas residuales aportarán nutrientes. Los valores detectados oscilaron entre 10.6 a 39 mg L⁻¹ de fósforo y 9.75 a 68 mg L⁻¹ para nitrógeno, lo cual puede ser benéfico para las plantas al ser aplicadas en riego

agrícola. Esto significa que si aplicáramos una lámina anual de 1000 mm (10000 m³) y si tomáramos los valores promedio de estos nutrientes estaríamos aplicando 264 y 378 kg de fósforo.

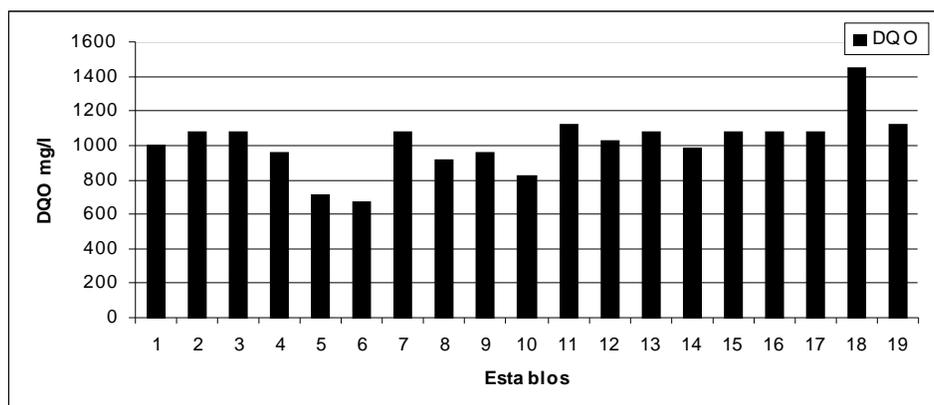
Figura 4. Contenido de nutrientes en aguas residuales de establos de la región.



DQO. La Figura 5 muestra la DQO de las aguas residuales colectadas en los establos donde se observa que la mayoría tiene una carga alta si la comparamos con aguas residuales domésticas. Sin embargo, si las comparamos con el valor promedio que reporta USDA (1996) de 1841 mg L⁻¹ para las aguas residuales provenientes de la sala de ordeña se observan abajo del promedio,

lo cual se puede deber a que se esté utilizando una mayor cantidad de agua en el lavado de la sala provocando un efecto de dilución. Sukias y Tanner (2005) mencionan que este aspecto debe tomarse en cuenta en el diseño y eficiencia de sistemas de tratamiento y en la evaluación del potencial de contaminación del efluente de las aguas residuales del ganado.

Figura 5. DQO de las aguas residuales de los establos de la Cuenca de Delicias.



Desechos generados. La cantidad de estiércol producido por la población de ganado en la Cuenca Lechera de Delicias, se muestra en el Cuadro 1, cuyos valores se estimaron a partir de la información publicada por Tarchitsky (2003) y Nennich *et al.*, (2005).

Cuadro 1. Producción diaria de estiércol en la Cuenca Lechera de Delicias.

Categoría	No. de cabezas de ganado	Producción de desechos (L)
Vacas en producción	28,034	2,130,584
Vacas secas	4,782	184,585
Reemplazo	23,905	585,672
Total	56,721	2,900,841

Considerando lo mencionado por Gallieri (2002), el cálculo aproximado de aguas residuales que se generan en promedio en la región en la sala de ordeña tomando en cuenta las vacas en producción es alrededor de 12 000 m³ día⁻¹ lo cual muestra un gran potencial para su reuso en riego agrícola como fuente de nutrientes.

Lo anterior es aplicable a la región ya que los establos cuentan con alrededor de 5,000 hectáreas que son factibles de ser utilizados para el reciclado de las aguas residuales y del estiércol proveniente de los corrales, lo cual se considera benéfico para gestión de los residuos tanto sólidos como líquidos.

Plan de gestión. El plan de gestión se basó en el diagnóstico de las explotaciones ganaderas en la región en la cual se observa que se generan una gran cantidad de desechos que no se están aprovechando y que pueden conducir a problemas ambientales. Así mismo, a través de los indicadores se detectó que existen riesgos para las plantas, el suelo y el agua si los desechos no se utilizan de manera adecuada.

Por otro lado, el tratamiento que actualmente se está dando a los desechos no es el adecuado, por lo cual el plan de gestión se enfocó en tres aspectos con la finalidad de lograr la gestión integral de estos que conduzca al desarrollo sostenible de la región:

- Establecimiento de una cultura ambiental.
- Uso y manejo adecuado de los desechos.
- El uso de tecnologías para el tratamiento de desechos.

Establecimiento de una cultura ambiental. La educación ambiental es crucial para conseguir que los productores adopten las técnicas y tecnologías que ya existen para lograr una buena gestión de los residuos y mejorar las prácticas inadecuadas llevadas en el pasado. El desarrollo de una cultura ambiental permitirá el aprovechamiento integral de los desechos y a la vez beneficios ambientales, por lo cual es preciso que en la región se tomen una serie de acciones como son:

Establecer una legislación ambiental en el sector ganadero que regule las emisiones de las instalaciones ganaderas y darla a conocer a los productores. Así mismo, verificar que las leyes estatales proporcionen autoridad para implementar programas de manejo.

Implementar estrategias que conduzcan a la protección de los recursos naturales. Las alternativas deben de tomar en cuenta la planeación del sistema de manejo de desechos, considerando requerimientos de manejo, el uso de tecnologías así como los efectos social, cultural y económico del sistema de manejo de desechos sobre el medio ambiente humano.

Para proteger el agua es necesario que no se permita la descarga de contaminantes en los cuerpos de agua, ya que uno de los problemas es la eutrofización de las corrientes superficiales por la aportaciones de nutrientes contenidos en los desechos por lo cual es importante planear como capturarlos y aplicarlos de manera adecuada.

Debe de considerarse que los sistemas ganaderos tienen un impacto adverso en el aire, de tal manera que se debe tomar en cuenta como minimizar la degradación de la calidad del aire por los malos olores del ganado confinado. Las alternativas incluyen el uso de cortinas rompevientos o el uso de tecnologías de tratamiento de los desechos.

Cuando se aplican desechos en los terrenos agrícolas se debe considerar que estos no excedan las necesidades de las plantas o contengan otros compuestos en cantidades que podrían ser tóxicos para el crecimiento de la planta.

El uso de las plantas es un aspecto fundamental en la planeación del sistema de manejo de desechos porque se usan para reciclar los nutrientes disponibles en los estos, además se pueden usar como diques naturales para prevenir escorrentías hacia cuerpos receptores de agua y evitar la eutrofización.

En el aspecto social, se debe de considerar los terrenos aledaños a las explotaciones ganaderas, sobre todo los vientos y la sensibilidad de las personas que viven o trabajan cerca del sitio por las escorrentías, olores, insectos perjudiciales y condiciones indeseables que pueden tener efectos sobre la salud de los habitantes.

En el aspecto económico, los costos y beneficios asociados con los desechos deben ser considerados. Los desechos son valiosos como mejoradores de suelo, se

puede reducir el costo por aplicación de fertilizante o producir energía.

Es importante que las autoridades establezcan mecanismos de apoyo al sector agropecuario para el desarrollo de tecnología o la compra de maquinaria y equipo para el control de la contaminación.

Uso y manejo adecuado de los desechos. El establecimiento de un programa de uso y manejo adecuado de desechos se puede lograr a través de un programa de información y sensibilización dirigido hacia los productores encaminado tanto hacia la correcta eliminación de residuos ganaderos así como la enseñanza de las técnicas para determinar las concentraciones adecuadas para el empleo de estos residuos. La adopción de buenas técnicas agrícolas es un aspecto fundamental en este proceso así como la información sobre la legislación que deben cumplir los productores para evitar impactos negativos en el medio ambiente circundante.

Lo anterior se puede realizar a través de la participación de un equipo de trabajo conformado por extensionistas, ingenieros agrónomos, científicos de suelos, ingenieros civiles e ingenieros sanitarios ya sea en forma personalizada o a través de la realización de talleres con los productores.

Las acciones pueden ser la implementación de prácticas de conservación tal como almacenamiento de desechos, utilización de desechos, estructuras de control, tratamientos vegetativos y otros componentes que integran el sistema de manejo. Sin embargo es importante que existan fuentes de financiamiento y otros tipos de asistencia para llevar a cabo los programas de manejo

La aplicación de programas para lograr la implementación de las mejores prácticas y medidas de manejo para reducir la carga

de contaminantes resulta esencial para las zonas más vulnerables, y en ese proceso es fundamental la participación de los productores, ya que la solución más adecuada técnica y económicamente es la reutilización de los residuos. Por lo tanto, es imprescindible realizar un esfuerzo de información y sensibilización, tanto sobre la necesidad de la correcta eliminación de los residuos ganaderos, como de las técnicas y concentraciones adecuadas para el empleo de estos residuos como enmienda orgánica.

En el manejo de los desechos sólidos y líquidos, es importante tomar en cuenta el tipo de explotación ya que se puede requerir un manejo intensivo o menos sofisticado.

En el caso del uso de aguas residuales con alto contenido de sales para riego agrícola como es el caso que presentan la mayoría de los establos, se propone efectuar diluciones con agua de buena calidad para evitar daños al suelo y a los cultivos, además del tratamiento en lagunas de oxidación. La obtención del factor de dilución en base a la CE de las aguas residuales y de la de pozo o agua rodada se puede realizar a través de la siguiente ecuación: (Tarchitsky, 2003)

$$CE \text{ mezcla} = (Nliq \times CEliq + Nal \times CEal) / (Nliq + Nal)$$

CE mezcla = Conductividad eléctrica de la muestra (mS/cm)

Nliq = Proporción de aguas residuales en la mezcla

CEliq = Conductividad eléctrica de las aguas residuales.

Nal = Proporción de agua limpia en la mezcla.

CEa = Conductividad eléctrica de agua limpia

Uso de tecnologías para el tratamiento de los desechos. En el caso de los residuos sólidos se recomienda su aprovechamiento inicial a través del uso de tecnologías para su estabilización y manejo posterior

adecuado en terrenos agrícolas. El uso de tecnologías para el aprovechamiento de los residuos se considera como una de las principales alternativas para lograr una buena gestión de los residuos; entre ellas se encuentran las siguientes:

- Composteo del estiércol para la obtención de mejoradores de suelo.
- Uso de lagunas de oxidación para el tratamiento de residuos líquidos.
- Uso de humedales construidos para mejorar la calidad del efluente.
- Uso de digestores anaeróbicos para la obtención de biogás y biofertilizantes.

Composteo. El composteo del estiércol es importante llevarlo a cabo ya que convierte a los desechos en un producto estable. La composta mejora la estructura y fertilidad del suelo, pero generalmente contiene baja cantidad de nitrógeno para ser considerada como una fuente de nitrógeno para los cultivos. Los nutrientes en la composta terminada se liberan lentamente a través del tiempo, por lo cual se minimiza en riesgo de lixiviación de nitratos. Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo. Así mismo, reduce el volumen de materia orgánica a ser aplicada, mejora las propiedades de manejo, reduce olor, minimiza el crecimiento poblacional de insectos vectores y enfermedades, y puede destruir semillas de malezas y patógenos.

Uso de lagunas de oxidación. Las lagunas de oxidación actualmente se han desarrollado para el tratamiento de aguas residuales en establos lecheros. Nueva Zelanda es uno de los países que hoy en día tiene sistemas lagunares avanzados. Las lagunas utilizan el proceso biológico para convertir el contenido orgánico del efluente a formas más estables y menos ofensivas. Si las lagunas operan eficientemente

pueden remover hasta el 95 % de DBO (DEC, 1996).

Las opciones que actualmente se están proponiendo para el tratamiento de las aguas residuales del ganado lechero son las siguientes (Sukias y Tanner, 2005).

Comúnmente se usan lagunas anaerobias para el tratamiento inicial de desechos del ganado el cual tiene alta carga y pueden ser muy efectivas. Las tasas de carga máxima recomendadas en lagunas anaeróbicas para los desechos en condiciones similares a las del estado de Chihuahua son: Carga de Sólidos Volátiles (SV) ($\text{g m}^3 \text{d}^{-1}$) = 96 y Carga de DBO ($\text{g m}^3 \text{d}^{-1}$) = 15

La digestión lenta en áreas frías resulta en acumulación de sólidos, requiriéndose lagunas más grandes o eliminación frecuente de lodos. La separación de sólidos por mallado antes del tratamiento en lagunas anaerobias es recomendable, ya que cuando entran a la laguna se acumulan rápidamente reduciendo el tiempo de retención y la eficacia del sistema. El pretratamiento puede remover más del 50 % de sólidos.

La segunda laguna generalmente es tipo facultativa y descompone la carga remanente de la laguna anaerobia. Las tasas de carga máximas recomendadas para las lagunas facultativas para desechos del ganado con temperatura media anual de 23°C, con clima árido continental son de 67 kg ha día^{-1} de DBO aplicable para la región de Delicias.

Las lagunas aireadas de mezclado parcial es otra opción muy común para el tratamiento de desechos del ganado. La aireación se logra adicionando un aerador a una laguna de oxidación existente con un TRH de 20-40 días. La aireación puede usarse para reducir significativamente DBO

y amonio o para reducir olores. La subsecuente desnitrificación usando humedales construidos o filtros reduce concentraciones de nitrógeno a bajos niveles.

Las lagunas de maduración someras (1-1.5m) de corto tiempo de residencia (3-4 días) pueden ser usadas después de las lagunas facultativas para aumentar la desinfección y reducir adicionalmente SS, DBO y nutrientes. Sin embargo, su uso parece ser relativamente raro para desechos del ganado.

Las lagunas de alta tasa (HRP'S, o lagunas de algas de alta tasa) propuestas por Craggs et al. (2006) han sido usadas para tratar efectivamente desechos de establos lecheros, lográndose una alta calidad en el efluente. Comprenden una laguna somera (0.2 a 0.8 m, con TRH de 2-8 días) mezclada con un rueda de paleta, que promueve el desarrollo intensivo de algas. La alta exposición a la luz puede promover una rápida inactivación de microorganismos fecales.

Los sistemas lagunares han sido preferidos por los granjeros por el bajo costo del sistema, además el diseño es relativamente simple y requiere poco mantenimiento. Adicionalmente uno de los mecanismos para mejorar la calidad del efluente ha sido adicionar un sistema de humedales construidos.

Uso de humedales artificiales. Los humedales artificiales o construidos son sistemas de tratamiento que consisten en lagunas o canales de poca profundidad plantados con plantas acuáticas. Los procesos de tratamiento incluyen la interacción de mecanismos biológicos, físicos y químicos. Los humedales construidos son los más apropiados como

sistema de tratamiento complementario para las aguas residuales de los establos lecheros después del pretratamiento en las lagunas de estabilización (Tanner y Kloosterman, 1997). Sin embargo, actualmente, los humedales están siendo usados para el tratamiento de aguas residuales provenientes de los establos como único sistema y se están teniendo buenos resultados.

Los humedales construidos han sido evaluados en Norteamérica para el tratamiento de los desechos del ganado como sistema de tratamiento posterior a los sistemas lagunares y en Nueva Zelanda se usan como un medio para mejorar la calidad del efluente de un sistema de dos lagunas. Los humedales de flujo superficial (FWS) se recomiendan para el tratamiento de las aguas residuales de la ganadería porque son más baratos que los sistemas de flujo subsuperficial (SFS) y son menos susceptibles de atascamiento por la acumulación de sólidos refractarios de los desechos del ganado (Polprasert et al., 2005; DEC, 2006)

En Nueva Zelanda han sido desarrolladas guías para lograr tres diferentes niveles de tratamiento después de los sistemas lagunares. En el nivel 1, la adición de un pequeño humedal de flujo superficial remueve de un 30 al 70 % de DBO y SS, y 70 a 85 % de coliformes fecales, pero contribuye poco a la remoción de nutrientes. En el nivel 2 se adiciona un humedal FWS mas grande seguido por un humedal SFS de lecho de grava el cual proporcionará una remoción adicional de DBO y SS del 60 al 75 %, 35 a 50 % de remoción de nitrógeno amoniacal y total, y 85 a 95 % de coliformes fecales, comparado con los dos sistemas lagunares solos. En el nivel 3 se logran niveles mas altos de tratamiento, usando una combinación de humedales FWS y SFS

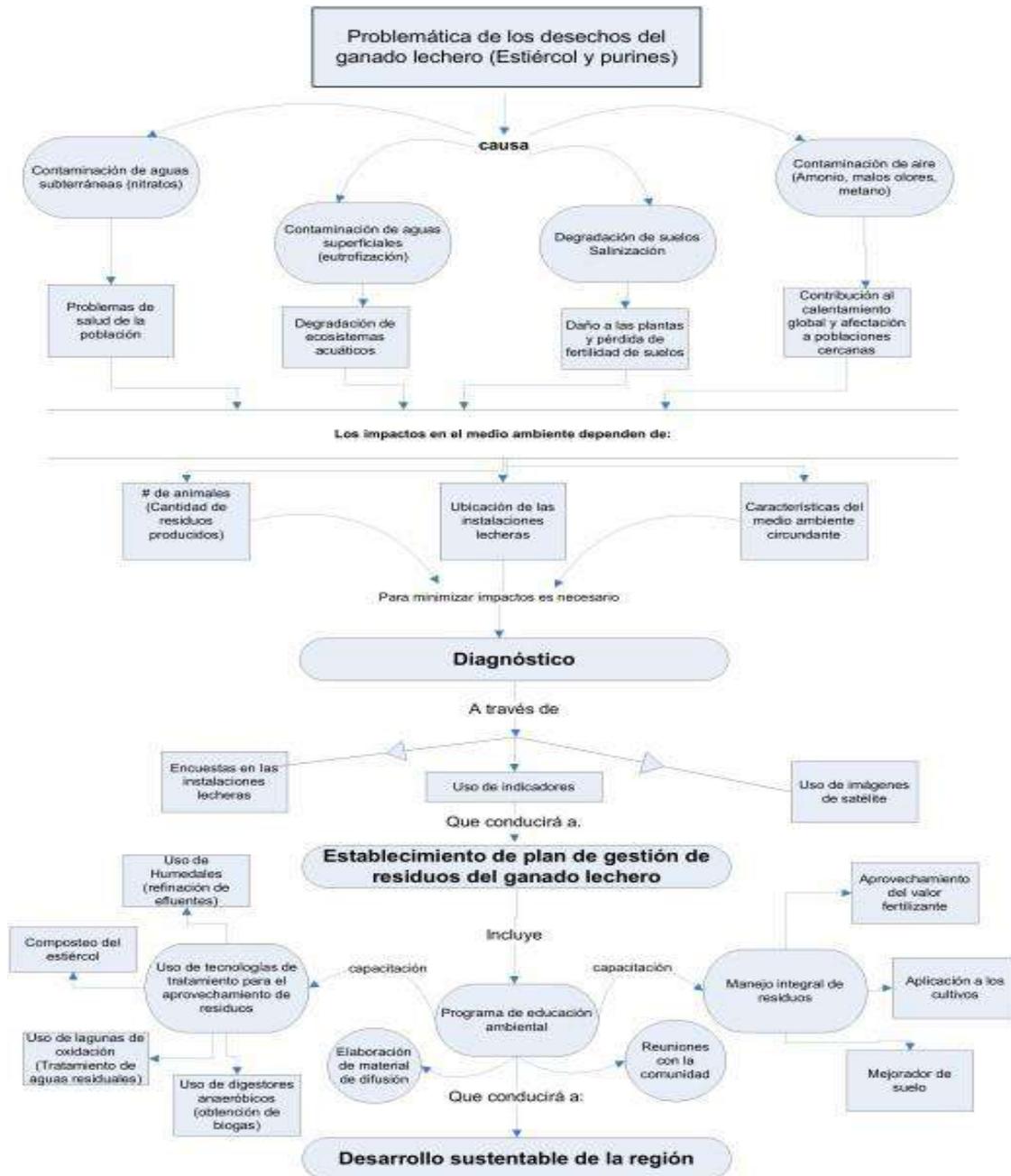
después de lagunas facultativas mecánicamente aireadas que proveen prenitricación (Polprasert et al., 2005). Cabe hacer mención que en otros países como Israel se tienen experiencias con el uso de humedales en establos lecheros con muy buenos resultados. Sin embargo en México no se han reportado.

Uso de digestores anaerobios para la obtención de biogas. 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 en el sector ganadero ya que permite gestionar los residuos de una ganadería intensiva que anteriormente no se realizaba. La obtención de biogás se puede realizar a través de la construcción de digestores anaeróbicos a pequeña y gran escala.

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, que puede ser usado como combustible para la generación de calor y/o electricidad, permitiendo un ahorro económico a las instalaciones ganaderas al volverse autosustentable en energía eléctrica y/o calorífica (Bothy y Aldrich, 2005; Anders, 2007).

El plan de gestión descrito viene a ser una opción viable para los productores de leche de la Cuenca lechera de la región de Delicias para lograr el desarrollo de una industria lechera ambientalmente sostenible y a la vez aprovechar el potencial que tienen los desechos del ganado. La Figura 6 muestra el mapa conceptual para el desarrollo del plan de gestión propuesto.

Figura 6. Mapa conceptual propuesto para el desarrollo del plan de gestión.



Conclusiones

· A través del diagnóstico se identificó el gran potencial que tiene los desechos del ganado lechero para los productores si se les dá un valor agregado y se promueve su reutilización. De lo contrario se pueden convertir en un problema ambiental.

· El establecimiento de una cultura ambiental y sobre el uso y manejo adecuado de los desechos es un factor importante para la concientización de los productores sobre el aprovechamiento de los desechos que puede ser crucial para la adopción de técnicas o tecnologías que conduzcan al desarrollo sostenible de la región.

· Para lograr la mejora en la gestión de los residuos se plantea la utilización de tecnologías para darle valor agregado a estos como son la construcción de lagunas de oxidación para la captación y reuso de las aguas residuales, el uso de digestores anaeróbicos para la obtención de biogás, el composteo para estabilizar el estiércol y el uso de humedales para el mejoramiento de la calidad del efluente final.

· Se detectó que las aguas residuales provenientes de los establos tienen una gran variación en calidad, sin embargo se observa que pueden aportar nutrientes para las plantas por lo cual se recomienda el control de la calidad en forma periódica, ya que esto permitirá un adecuado manejo a través de mezclas con agua de pozo o a través de cultivos acordes a la calidad de estas.

· Es importante que las instituciones de gobierno participen para lograr implementar el plan de gestión planteado que conduzca al aprovechamiento de los desechos del ganado que muestran un gran potencial para la obtención de recursos económicos, lo cual conduciría al desarrollo sostenible de la industria lechera en la Cuenca de Delicias.

Agradecimientos

Agradecemos a la Fundación Produce A.C., a la Universidad Autónoma de Chihuahua a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales y a la Asociación de Lecheros de la Región de Delicias por su apoyo para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Literatura citada

- ANDERS., Scott J. 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.
- APHA, AWWA, WPCF. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th Ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. Washington, D. C. 5 –15 pp.
- BOTHI. K.L. and B.S. Aldrich. 2005. Feasibility study of a central anaerobic digester for ten dairy farms in Salem N.Y. Manure management program Cornell University. WWW.manuremanagement.cornell.edu. Accesado el 2 de junio del 2007.
- CASTILLO., A.R. 2004. Dairy farms reaching a sustainable state. University of California, Cooperative Extension. Note Merced Sun-Star, Agriculture, California,
- CRAGGS, R.J., Tanner, C.C., Sukias, J.P.S and Davies-Colley, R.J., 2003. Dairy farm wastewaters treatment by an advanced pond system. Water science and technology, 48(2), 291-298.
- DEC Manuals.2006. Farm Management issues. Sustainable dairying.
- DEC Manuals 1996. Dairying and the environment. Pond system. Dairying and the environment Committee of the New Zeland Dairy board, NZ.
- GALLIERI., C. 2002. Manejo de aguas residuales. DeLaval. Presentación en power point.
- HACH Company. 1997. World Headquarters. DR/2010 Procedures Manual. Loveland, Colorado. 872 p
- NENNICH., T.D., J.H. Harrison., L.M. VanWieringen., D. Meyer., A.J. Heinrichs., W.P. Weiss., N.R. St-Pierre., R.L. Kincaid., D.L. Davidson., y E. Block. 2005. Prediction of manure and nutrient excretion from dairy cattle. Journal of Dairy science. 88:3721-3733.
- NOM-032-ECOL-1993. Norma Oficial Mexicana. Que establece los límites máximos permisibles (LMP) de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola. Publicada en el Diario de la Federación el 18 de octubre de 1993.
- POLPRASERT., Ch., T. Koottatep and Ch. Tanner. 2005. Integrated pond/wetland systems. In: Pond Treatment technology. Edited by Andy Shilton. pp 328-345.
- SAS. Statistical Analisis System. 1999-2001. Versión 8.2. SAS Institute Inc., N.C. USA.Sukias.,J. and C. Tanner. 2005. Ponds for livestock wastes. In: Pond treatment technology. Chapter 19. IWA Publishing. (A. Shilton ed). International water association. pp 408-429.
- TANNER, C.C., and Kloosterman V.C. 1997. Guidelines for Constructed Wetland Treatment of Farm Dairy Wastewaters in New Zealand. NIWA Science and Technology Series No. 48

TARCHITSKY., J. 2003. Alpura. Ganaderos productores de leche pura. México. Informe técnico. Departamento de Agricultura del Estado de Israel.

USDA. United States Department of Agriculture. 1996. Agricultural waste management field handbook. National engineering handbook. Washington D.C. 

Este artículo es citado así:

RIVAS-Lucero Bertha A. , Armando Segovia-Lerma, Hugo A. Morales-Morales, Jesús G. Hermosillo-Nieto y José E. Magaña-Magaña. 2008. Plan de gestión para el desarrollo sostenible de explotaciones lecheras de la cuenca de Delicias, Chihuahua, México. *TECNOCENCIA Chihuahua* 1(2): 40-55.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

BERTHA ALICIA RIVAS LUCERO. Realizo sus estudios de licenciatura en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAYF) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), obteniendo en 1983 el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. En el año 1993 le fue otorgado el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en producción Agrícola en áreas de temporal deficiente, por la FCAYF de la UACH. Obtuvo en 2003 su Doctorado en Ciencias, especialidad en Ciencias de Materiales, grado conferido por el centro de investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) con sede en la ciudad de Chihuahua. Desde el año 1986 trabaja como maestra de Tiempo Completo en la FCAYF de la UACH, institución donde realiza investigación enfocada en el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable.

ARMANDO SEGOVIA LERMA. En el año 1984, obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAYF) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Le fue conferido el grado de Maestro en Ciencias, especialidad Genética, por el Colegio de Posgraduados de Chapingo, México (hoy COLPOS, Montecillo, Estado de México). Realizó estudios de doctorado en la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU) recibiendo en el año 2000 su grado de Doctor of Philosophy con especialidad en Mejoramiento Genético. El Dr. Segovia fundó en 1989 el Programa de Mejoramiento Genético de Hortalizas de la FCAYF-UACH, donde dirige la línea de investigación «*Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas*». Es ostentador de la variedad de cebolla de día corto «Mariana-UACH-92» y de variedades de: sandía, chiles para consumo en seco y jalapeño (en trámite de registro ante SNICS-SAGARPA). Por su desempeño profesional, como Maestro e Investigador a favor del Agro Chihuahuense, recibió un reconocimiento de la Confederación Mexicana Agronómica y el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Chihuahua. Durante el período 1991-1994, recibió el reconocimiento como Candidato a Investigador por el Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I.) y como Investigador Nivel I desde el año 2006. El Dr. Segovia es Maestro de Tiempo Completo de la FCAYF donde ha impartido cursos de Genética y Estadística en licenciatura y posgrado.

HUGO ARMANDO MORALES MORALES. Cursó la licenciatura en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), otorgándosele en 1984 el título de Ingeniero Agrónomo, especialidad Fitotecnia. Realizó estudios de posgrado en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UACH, obteniendo en el año de 1997 el grado de Maestro en Ciencias en la especialidad de Horticultura y Agronegocios. Posee el Doctorado en Ciencias Biológicas, con un mayor en Microbiología Ambiental, grado conferido en 2003 por New Mexico State University (NMSU), USA. Desde el año 1984 se desempeña como Maestro de Tiempo Completo en la UACH y ha sido miembro del Cuerpo Académico Transferencia de Tecnología desde 2006, año a partir del cual recibió el reconocimiento como Perfil PROMEP. Colaboró en un proyecto de investigación bilateral con el Dr. Goeffrey B. Smith, profesor de New Mexico State University; además, es líder de la línea de investigación: «Agricultura sustentable» y responsable técnico de varios proyectos de investigación con financiamiento externo (Fundación Produce, FOMIX Chihuahua, UACH). A lo largo de su vida profesional ha participado como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales, y publicado como autor y coautor, varios artículos en revistas científicas y de divulgación.

JESÚS GUILLERMO HERMOSILLO NIETO. Es Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAYF), Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), título que le fue otorgado en el año 1983. Realizo estudios de posgrado en el colegio de Posgrado de Chapingo, México (CP), institución de donde obtuvo en 1999 el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Maquinaria Agrícola. Actualmente ocupa el cargo de Director de la FCAYF de la UACH, puesto que ha desempeñado por más de tres años su línea general de Investigación esta orientada al área de Maquinaria Agrícola.

JOSÉ EDUARDO MAGAÑA MAGAÑA. Curso su carrera profesional en la Universidad Autónoma de Chapingo, obteniendo en el año de 1978 el título de Ingeniero Agrónomo, especialidad en zonas áridas. En el año de 1987, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias. Con especialidad en Economía del Desarrollo Rural. Sus estudios de doctorado los realizó en la universidad Estatal de Nuevo México (NMSU), con sede en las Cruces, NM; en el año 1997 se le otorgó el grado de Doctor en Ciencias, con un Mayor en Mercadotecnia; además obtuvo dos Menores, uno en las especialidades de Economía Agrícola y el segundo en Agronegocios. Las líneas de investigación están centradas en las áreas de Economía Agrícola y Mercados Agropecuarios. Desde el año 1988 a la fecha ha sido Maestro de Tiempo completo de la FCAYF, donde actualmente coordina el programa de Maestría en Agronegocios.

DOI: <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v2i1.65>