



Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 4, año 2008 ISSN 0718-378X
PP

DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EL SECTOR GANADERO EN EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, MÈXICO

DESIGN OF A MANAGEMENT PLAN FOR SOLID WASTE GENERATED BY THE LIVESTOCK INDUSTRY
IN THE MUNICIPALITY OF CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, MEXICO

Cristina Vélez
Germán Cuevas
Alejandro Solís
Carmelo Pinedo
Luís Lozoya
Elizabeth Turcott

ABSTRACT

Animal production is one of the main activities practiced in Chihuahua area and other country states. During the past 50 years, this sector has experienced dramatic changes, as a consequence of a growing population, income increase and a progressive urbanization. According to the increase in the demand of animal products, It is expected that in this region animal origin food demand is going to double in size in two decades. This has ended in an increase in animal management practices under intensive confined systems with rare or null planning. The negative environmental impacts generated are more severe in countries with less availability of economic resources to maintain and use technology for the residue treatment. In the present study, it was established a plan and use of manure accumulated in farms, under total or partial confinement, with the purpose of being applied by the farmer and minimize environmental problems detected in the sector. It was used Landsat 7TM images and digital models of evaluation to locate areas and characterize their physical-environmental conditions. It was applied questionnaires to know the conditions in which these activities are carried out; the production capacity of biogas/methane was estimated as a function of the organic material contained the amount of accumulated manure and the animal excretion rate. There were located a total of 25 places with 2224 farmers in a small scale established nearby the Municipality, the inventory consisted of 18962 heads which accumulates 57343.2 kg/day of manure, the plan proposed to the farmers shows corrective measures for the designs and location of corrals where the application of manure recollection, transport and disposal can be performed. Likewise, it is proposed a bio-methanization technology as the most viable way to make the most of manures from their content of total solids (ST), volatiles (SV), chemical oxygen demand (DQO), low metal content, and the area dry conditions. It is estimated that the anaerobic fermentation of the accumulated manure would generate, under optimum conditions, 6835 m³ day of biogas equivalent to 4785 m³ of methane daily.

DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EL SECTOR GANADERO EN EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Cristina Vélez.

Doctorado en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid, España. Pos - doctorado en Ciencias Ambientales con especialidad Ingeniería y Tecnología (Biorremediación), Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV), Chihuahua, México. Actualmente profesor e investigador de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Germán Cuevas.

Doctorado en Ingeniería Ambiental por la Universidad de Cantabria, (España). Maestría en Ingeniería Ambiental en la DEPMI-UNAM e Ingeniero Bioquímico egresado del Tecnológico de Culiacán. Actualmente es profesor e investigador en la Universidad de Guanajuato, Gto. México.

Alejandro Solís.

Ingeniero en Ecología y Estudiante de Maestría en Recursos Naturales de la Universidad Autónoma de Chihuahua con área de especialidad en Sistemas de Información Geográfica.

Carmelo Pinedo.

Doctorado en Manejo de Recursos Naturales por la Universidad Autónoma de Chihuahua con especialidad aplicación de Sistemas de información geográfica (SIG) para la planeación y explotación de recursos forestales. Actualmente profesor e investigador de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Luís Lozoya.

Maestría en Ciencias y Tecnología Ambiental por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Ingeniero en Ecología por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ha trabajado en proyecto de investigación relacionado con la caracterización de residuos sólidos generados en el área urbana y rural.

Elizabeth Turcott.

Maestría en Ciencias y Tecnología Ambiental por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV). Es Ingeniero en Ecología por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ha trabajado en proyecto de investigación relacionado con la caracterización de residuos sólidos y peligrosos, así como en el diseño de planes de gestión de residuos.

RESUMEN

La ganadería es una de las principales actividades que se practica en el Municipio de Chihuahua y diversas entidades del país. En los últimos 50 años, este sector ha sufrido cambios dramáticos, impulsado por una población creciente, el incremento de los ingresos y la urbanización progresiva.

De acuerdo a las demandas de productos pecuarios en países en desarrollo, se espera que se dupliquen en las próximas dos décadas en la región. Esto ha dado lugar a un incremento en las prácticas de manejo del ganado bajo sistemas de estabulación intensiva con escasa o nula planificación. Los impactos ambientales negativos que esto genera, se agudizan en países con menor disponibilidad de recursos económicos para manejar y disponer de tecnología para el tratamiento de sus residuos. En este estudio, se estableció un plan de gestión y aprovechamiento de estiércoles acumulados en predios ganaderos, sujetos a manejo de confinamiento total ó parcial, con el propósito de que se aplique por el productor y minimice las problemáticas ambientales detectadas en el sector. Se utilizaron imágenes Landsat 7TM y modelos digitales de elevación para ubicar los predios y caracterizar sus condiciones físico-ambientales, se aplicaron encuestas para conocer las condiciones en que se realiza la actividad, la capacidad de producción de biogás/metano se estimó en función del contenido de material orgánico, la cantidad de estiércol acumulado y las tasas de excreción del animal. Se ubicaron un total de 25 sitios con 2,224 productores a pequeña escala establecidos en áreas cercanas a la cabecera municipal, se contabilizó la existencia de 18,962 cabezas que acumulan 57,343.20 kg/día de estiércol. El plan de gestión propuesto a los ganaderos presenta medidas correctivas para el diseño y ubicación de corrales donde se pueda llevar a cabo la aplicación de técnicas de recolección, transporte y disposición de los residuos acumulados, también se propone la tecnología de bio-

metanización como la más viable a realizarse para el aprovechamiento de los estiércoles por su alto contenido de materia orgánica (medida como sólidos volátiles (SV) y demanda química de oxígeno (DQO)), bajo contenido de metales y las condiciones áridas del lugar. Se estima que la fermentación anaeróbica del estiércol acumulado generaría teóricamente, bajo condiciones óptimas de tratamiento, 6,835 m³/día de biogás aproximadamente, lo cual equivale a 4,785 m³ de metano diarios.

Palabras claves: plan de gestión, ganado estabulado, residuos sólidos.

ABSTRACT

Animal production is one of the main activities practiced in Chihuahua area and other country states. During the past 50 years, this sector has experienced dramatic changes, as a consequence of a growing population, income increase and a progressive urbanization. According to the increase in the demand of animal products, It is expected that in this region animal origin food demand is going to double in size in two decades. This has ended in an increase in animal management practices under intensive confined systems with rare or null planning. The negative environmental impacts generated are more severe in countries with less availability of economic resources to maintain and use technology for the residue treatment. In the present study, it was established a plan and use of manure accumulated in farms, under total or partial confinement, with the purpose of being applied by the farmer and minimize environmental problems detected in the sector. It was used Landsat 7TM images and digital models of evaluation to locate areas and characterize their physical-environmental conditions. It was applied questionnaires to know the conditions in which these activities are carried out; the production capacity of biogas/methane was estimated as a function of the organic material contained the amount of accumulated manure and the animal excretion rate. There were located a total of 25 places with 2224

farmers in a small scale established nearby the Municipality, the inventory consisted of 18962 heads which accumulates 57343.2 kg/day of manure, the plan proposed to the farmers shows corrective measures for the designs and location of corrals where the application of manure recollection, transport and disposal can be performed. Likewise, it is proposed a bio-methanization technology as the most viable way to make the most of manures from their content of total solids (ST), volatiles (SV), chemical oxygen demand (DQO), low metal content, and the area dry conditions. It is estimated that the anaerobic fermentation of the accumulated manure would generate, under optimum conditions, 6835 m³ day of biogas equivalent to 4785 m³ of methane daily.

INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria en los países en desarrollo es una de las principales causas de daños medioambientales graves. Las unidades pecuarias intensivas albergan un gran número de cabezas de ganado, consumen grandes cantidades de nutrientes a través de los concentrados balanceados y generan muchos más residuos de los que pueden reciclarse como fertilizantes o disponerse en los campos de cultivo cercanos a las zonas de producción. Esto representa riesgos de contaminación para el suelo, los cuerpos de agua, la atmósfera y la biodiversidad que se relacionan con la pérdida de la fertilidad del suelo, la emisión de malos olores y la atracción de fauna nociva, así como la generación de grandes cantidades de agua residuales con alto contenido de carga orgánica que contribuyen a mermar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades rurales y al sostenimiento de la propia actividad (Riethmuller, 2003).

El equilibrio ambiental se logra cuando la cantidad, ritmo de emisión y vertido de los residuos no superan la capacidad del medio para absorberlos e incorporarlos a sus procesos

biológicos (Núñez y O’Ryan, 2000) es por ello que el sector ganadero está demandado el desarrollo de actividades que le ayuden a minimizar estos impactos. Una herramienta que actualmente se aplica a nivel internacional con el objeto de dar solución a esta problemática son los planes de gestión. El desarrollo y establecimiento de un plan de gestión adecuado para residuos del sector ganadero requiere del conocimiento previo de aspectos básicos de la ganadería tal como número de animales, técnicas de producción aplicadas, condiciones geográficas y de operación, prácticas habituales de manejo de residuos, caracterización fisicoquímica de los residuos, así como el diseño de unidades para su tratamiento y la delineación de mecanismos para aprovechamiento de los subproductos generados. Para México y en particular para el estado de Chihuahua, esta tarea se hace difícil por la escasa documentación existente, atribuida entre otros factores a la falta ó escasa planeación en que se desarrolla esta actividad (Espinosa, 2001) así como a ciertas formas de tenencia territorial existentes en las comunidades rurales.

En México, la ganadería se desarrolla en una superficie estimada de 110 millones de hectáreas lo que representa el 56% del territorio nacional con una contribución aproximada del 22.8 % del producto interno bruto del sector (INEGI, 2006). Datos preliminares reportan la existencia de 30, 989,968 cabezas de ganado en el país (SAGARPA, 2006), de los cuales el 10% corresponden al estado de Chihuahua y 55,580 para su municipio. Es por ello que se deben incorporar sistemas de aprovechamiento y reducción de residuos para minimizar el impacto ambiental, siendo posible además la obtención de subproductos valorados para el sector, como es la generación de biogás para uso como combustible no convencional. El objetivo general de este proyecto fue desarrollar un plan de gestión para el manejo y aprovechamiento de los estiércoles de animales manejados bajo sistemas de producción intensiva ubicados en el municipio de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

El municipio de Chihuahua en el estado de Chihuahua, México, cubre una superficie de 1, 770,924.86 ha. Entre sus actividades ganaderas destacan los sistemas de producción de bovinos bajo sistemas de producción intensiva y principalmente bajo condiciones de pastoreo y semi-pastoreo. El área de interés se circunscribe en los sitios con actividad ganadera de las subcuencas hidrológicas del Chuiscar y Sacramento, debido a su influencia en la ciudad de Chihuahua y centros poblacionales adyacentes. (Figura 1).

Metodología

El estudio se desarrolló en cuatro etapas. En la primera etapa del proyecto se recopiló información básica de dependencias gubernamentales y no gubernamentales, se recorrieron *a priori* los domicilios y los sitios atípicos donde se pretendía realizar el muestreo de aplicación de encuestas diseñadas en base a los datos de interés para el estudio, utilizando como apoyo el uso de técnicas geo espaciales para la ubicación de los sitios sujetos a estudio. La segunda etapa del proyecto contempló la recopilación de datos en campo e identificación de los impactos ambientales. Para obtener datos socio-económicos y conocer el manejo tradicional de la actividad, se aplicó una cantidad representativa de encuestas cuyo tamaño (n) se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(N * E^2) + (Z^2 * p * q)}$$

El tamaño de población (N) fue de 2,224 y corresponde al total de las explotaciones existentes en los sitios bajo estudio, igualmente se consideró un error relativo del 5% con una confiabilidad del 90% y maximizando la variabilidad en la población, es decir, p= 0.5. El análisis de la información se organizó en hojas de calculo Excel y se interrelacionaron

variables de interés del manejo de los residuos con grupos de características cualitativas y cuantitativas para determinar valores porcentuales.

Mediante técnicas de Sistemas de Información Geográfica, se realizaron búsquedas espaciales para identificar predios con pendientes susceptibles a escurrimientos y áreas de suelo libres de riesgo de impacto por un mal manejo de residuos; para ello se usaron modelos de elevación a rangos de 0-10%, 20-30% y 30 a 40% y se aplicaron criterios de proximidad y estimación de distancias de las explotaciones ganaderas a los cauces hídricos y áreas de suelo.

La etapa tercera el plan de gestión de los residuos, se diseñó tomando como base los resultados de las encuestas relacionadas con los aspectos de manejo de residuos, características geográficas de los sitios involucrados, así como las recomendaciones sugeridas por Cortinas (2005) para el manejo y revaloración de este tipo de residuos y los criterios de las normas vigentes para el establecimiento de sitios adecuados de disposición y vertidos a cuerpos de agua. Para la cuarta etapa del proyecto, se contempló la caracterización fisicoquímica de las muestras y cuantificación de la tasa teórica de producción de metano. Se tomaron muestras de estiércol en 16 de los sitios visitados, se preservaron en el congelador y posteriormente se realizó una caracterización fisicoquímica de las muestras. Los análisis fueron: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales (ST), Sólidos Volátiles (SV) y Sólidos Fijos (SF), pH, Fósforo total (P-total), Nitrógeno total (NT), y metales, para ello se siguió la metodología descrita en APHA 1998 y HACH Water Análisis Hand Book 1992 y equipo de absorción atómica para la cuantificación de los metales. El cálculo de la cantidad de metano acumulado en cada sitio muestreado, se estimó tomando como base la cantidad de estiércol acumulado en función del número de cabezas de ganado contabilizado, datos de porcentaje de consumo y

digestibilidad reportados en la literatura (Oba y Allen, 2000) y un factor equivalente de 0.25 m^3 de biogás /Kg de SV (UPME, 2003).

RESULTADOS

Durante la investigación se identificaron 92 sitios con actividad ganadera, de los cuales 25 involucraron a 2,224 productores que manejan la actividad en pequeña escala, bajo los esquemas de producción semí-intensiva y/o intensiva. En estos sitios se aplicaron 310 encuestas, lo que involucró al 14 % del total de las explotaciones existentes; se contabilizaron 18,962 cabezas de ganado, distribuidas en su mayoría bajo el esquema de propiedades "ejidales". En las figuras 1 y 2 se muestra el área de estudio y la ubicación de los sitios ganaderos en el Municipio de Chihuahua con carácter de propiedad privada y ejidal respectivamente. Se puede observar que los sitios con tenencia particular, se encuentran ubicados en la parte norte del municipio y corresponden en su mayoría a extensas áreas de pastoreo, mientras que productores con sistemas de producción intensiva, concentran el ganado en pequeñas áreas "ejidales" cercanas a la Ciudad de Chihuahua.

Considerando la composición porcentual de la población animal contabilizada (vacas, novillos, vaquillas y becerros), los porcentajes de consumo y digestibilidad reportados en función de la edad y tipo de ganado, se estimó que se generan aproximadamente 57,342.22 Kg./día de estiércoles, los cuales se retiran de los corrales con poca frecuencia y/o se vierten a cauces y terrenos (Figura 3). Esto refleja los pocos recursos económicos y falta de capacitación con la que cuenta el productor, para manejar y aprovechar adecuadamente los residuos generados de esta actividad. Las características áridas del terreno, no favorecen el desarrollo de cultivos en el área, por lo que el esparcimiento de los residuos en terrenos

abiertos, provoca escurrimientos e infiltraciones que contaminan los cauces hídricos y deteriora la calidad del aire.

Las imágenes digitalizadas mostraron que en casi todos los sitios analizados, existe una carencia de espacios adecuados para la disposición de residuos. Aunado a ello, la ubicación de algunos corrales en terrenos con rangos de pendiente entre 20 a más de 30 grados, incrementan el riesgo de generar escurrimientos hacia los cauces hídricos y zonas de influencia. En el la Figura 4 se muestra las zonas más impactadas por el manejo inadecuado de los residuos y donde se ubicaron explotaciones ganaderas con estas características.

El plan de gestión se diseñó tomando en cuenta los criterios establecidos en la Norma (NOM -083 - SEMARNAT-2003) y los datos obtenidos durante la investigación. Entre los puntos más importantes que destacan en el plan, es la propuesta de medidas correctivas (infraestructura, formas de recolección y disposición de los estiércoles, ubicación de los corrales) adecuadas que faciliten el manejo y aprovechamiento de los residuos acumulados. Igualmente se ubicaron geográficamente 4 sitios que cumplen con los criterios establecidos en la norma y LGPGIR 2003; los cuales especifican las características ambientales (pendiente, distancia a cauces hídricos, zonas poblacionales etc.) que deben reunir los lugares destinados a la disposición y/o acumulación de residuos. Los sitios propuestos se ubicaron en lugares que por la cercanía a otras zonas, permiten la integración de varios productores para ser usados como sitios comunales de acumulación de residuos de manera que faciliten la aplicación de tecnologías de aprovechamiento para la generación de biogás. (Tabla 1, Figuras 5 y 6).

Los análisis de caracterización fisicoquímica de los estiércoles realizados en los 16 sitios, representaron el 64% del total manejados de manera intensiva y mostraron en promedio un contenido en materia orgánica fermentable (SV) del 72% y bajas concentraciones de

metales (Tabla 2 y 3) por lo que podrían ser aprovechados para la producción de energía, mediante procesos de fermentación anaeróbica.

En función de la cantidad de estiércoles (37,658 kg/día) que se estimó pueden ser acumulados en los sitios propuestos, se calculó una producción teórica de biogás de 6, 835m³/día con una composición de metano de 4, 785 m³.día que de acuerdo a la literatura (UPME 2003) podrían generar el equivalente en poder calorífico de 3, 875lts de gasolina diarios. Para la cantidad total (57, 342.22Kg./día) generada en los sitios con sistemas de producción intensiva la producción de biogás sería de 10, 322 m³ de biogás/día. Actualmente el plan se está promoviendo con el objeto de darlo a conocer, para posteriormente llevar a cabo su aplicación y se está evaluando la factibilidad real de producción de biogás en un birreactor escala laboratorio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

La aplicación de un plan de gestión para el sector ganadero permitirá minimizar los problemas ambientales causados por la actividad y aprovechar los residuos generados para la obtención de fertilizantes, combustibles alternos.

Es necesario la integración del sector ganadero del municipio de Chihuahua, para que los planes de gestión y transferencia de tecnologías de aprovechamiento de los residuos sean más eficientes, se apliquen al menor costo y trasciendan a zonas rurales más alejadas.

De acuerdo a las características climáticas y a los suelos áridos propios de la región, la tecnología de fermentación anaeróbica para el tratamiento de los estiércoles generados, se propone como la opción más recomendable al sector ganadero, ya que sus principales necesidades se centran en el uso de combustibles y fertilizantes como mejoradores en áreas de pastizales.; esto permitirá al productor disponer de recursos económicos que apoyen el sostenimiento de la actividad y el ingreso familiar.

Aunque la factibilidad teórica del proceso de biometanización resulto ser rentable, se requiere de la evaluación de tasas de rendimiento reales en función de costos y facilidades de operación, por lo que se recomienda ensayos a escala laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 APHA, American public Health Association. 1998. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Total, fixed and volatile solids in solid and semisolid samples. 20va Edición. Washington, DC. USA. Pag. 2.59 – 2.60.
- 2 CORTINES, N.C.(2005). Lineamientos Generales para Formular Planes de Manejo de Residuos. En www.cristinacortinas.com, consultado el: 27 de julio 2005
3. Espinosa, E. 2001, Productividad de los Sistemas –Productos pecuarios en México. Tec. Pecu. Mex.,39: 127-138.
4. INEGI 2006 VII Censo Agropecuario. [En línea] www.INEGI.gob.mx
5. LGPGIR 2003, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. . Diario Oficial de la Federación 8 de octubre.
- 6 NUÑEZ, F., RYAN, O., (2000). Bases del tratamiento de excretas en el medio rural. TECNO VET: Año 6 N°1, marzo 2000.
7. Oba,M. y Allen (2000). Effects of brown midrib 3 mutations in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergents fiber 1. Feeding behavior and nutrient utilization. Dari Sci. Vol. 83 (6) p 1333-1341
8. RIETHMULLER, P.(2003). The social impact of livestock: A developing country perspective, Animal Journal Sci. 74:245-253
9. SAGARPA (2006). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México. Publicaciones. Coordinación general de ganadería. [En línea].

10. NOM -083 SEMARNAT (2003). Especificación de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos urbanos y de manejo especial.
- 11 UPME, 2003, “Formulación de un programa básico de normalización para aplicaciones de energías alternativas y difusión” [en línea]. Guía para la implementación de sistemas de producción de bogas. Bogota, Colombia. <<http://www.upme.gov> > [Consulta: 5 Abr 2005].

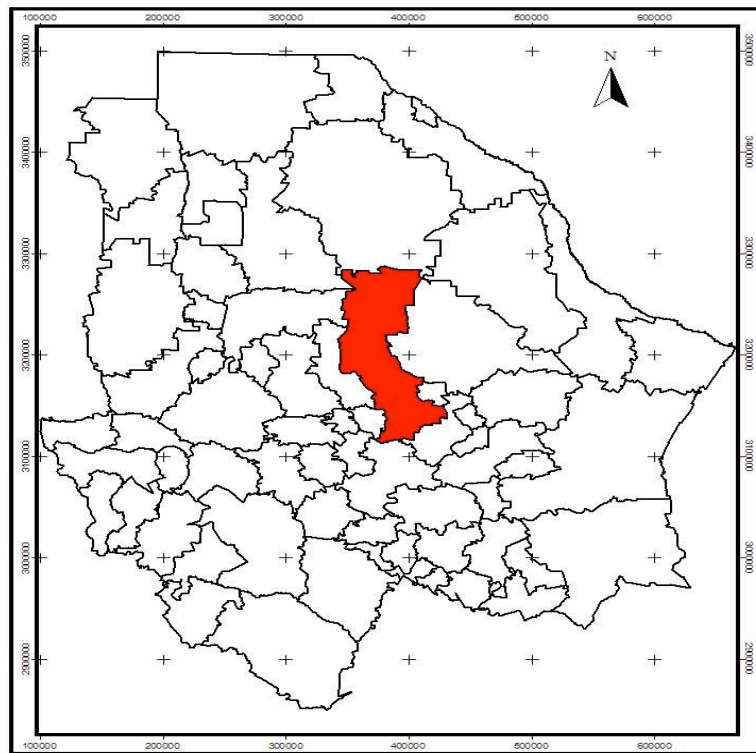


Figura 1. Localización geográfica del Municipio de Chihuahua, México

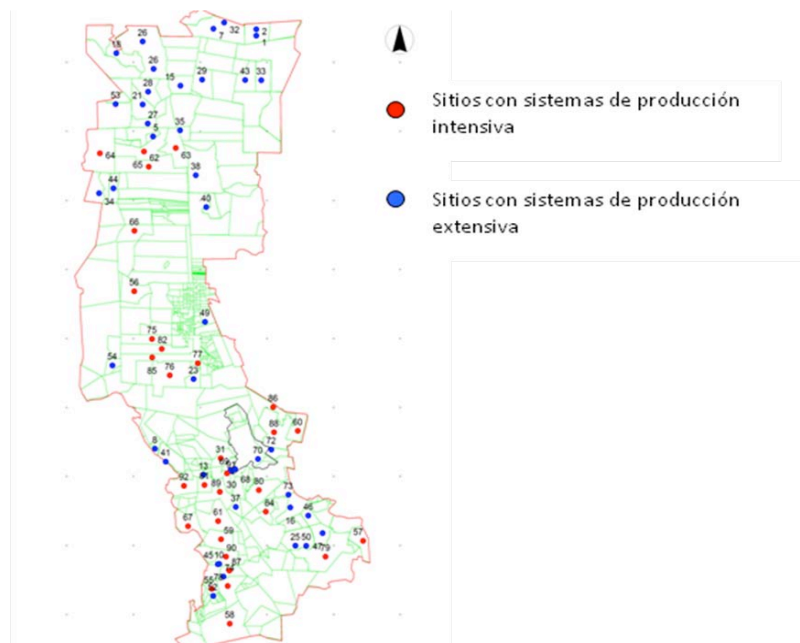


Figura 2. Sitios con actividad ganadera en el municipio de Chihuahua.

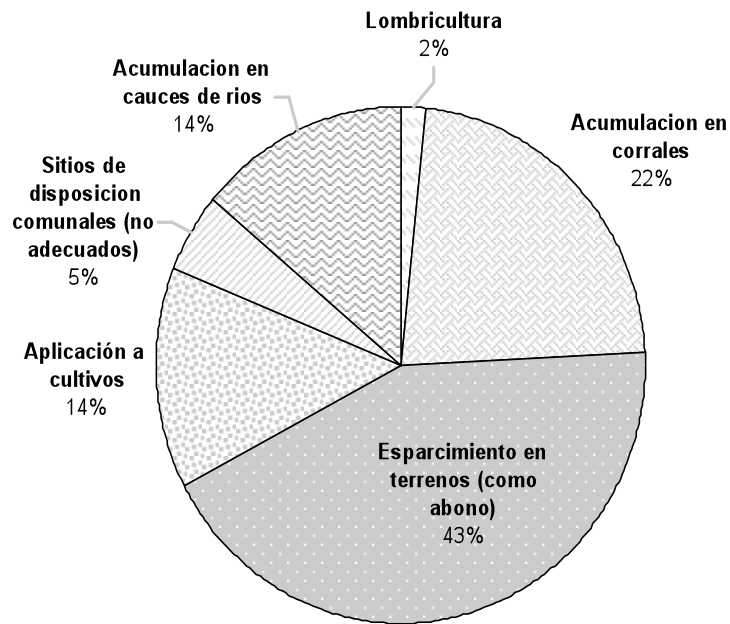


Figura 3 Manejo de estiércoles generados en los sitios ganaderos en confinamiento

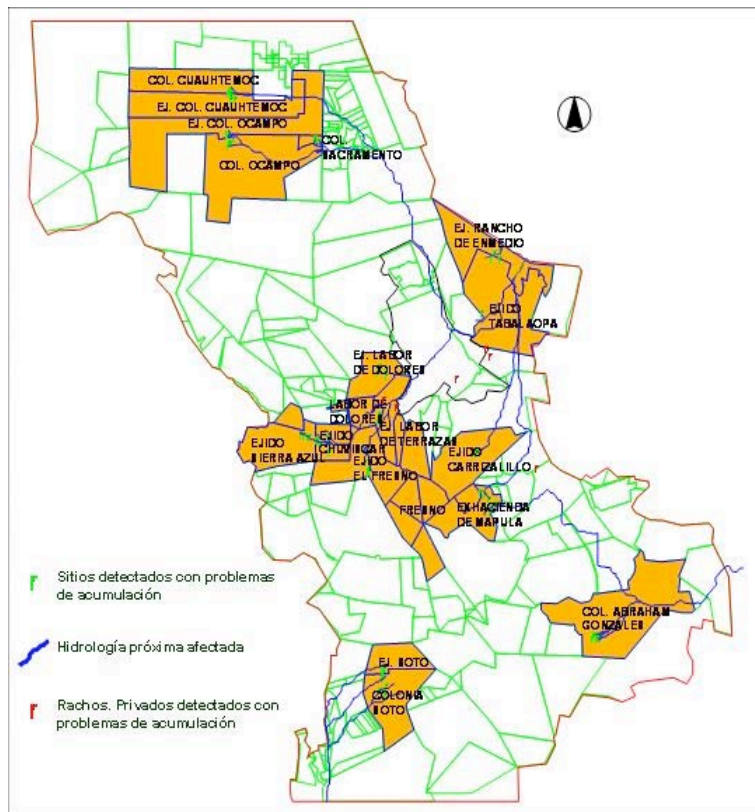
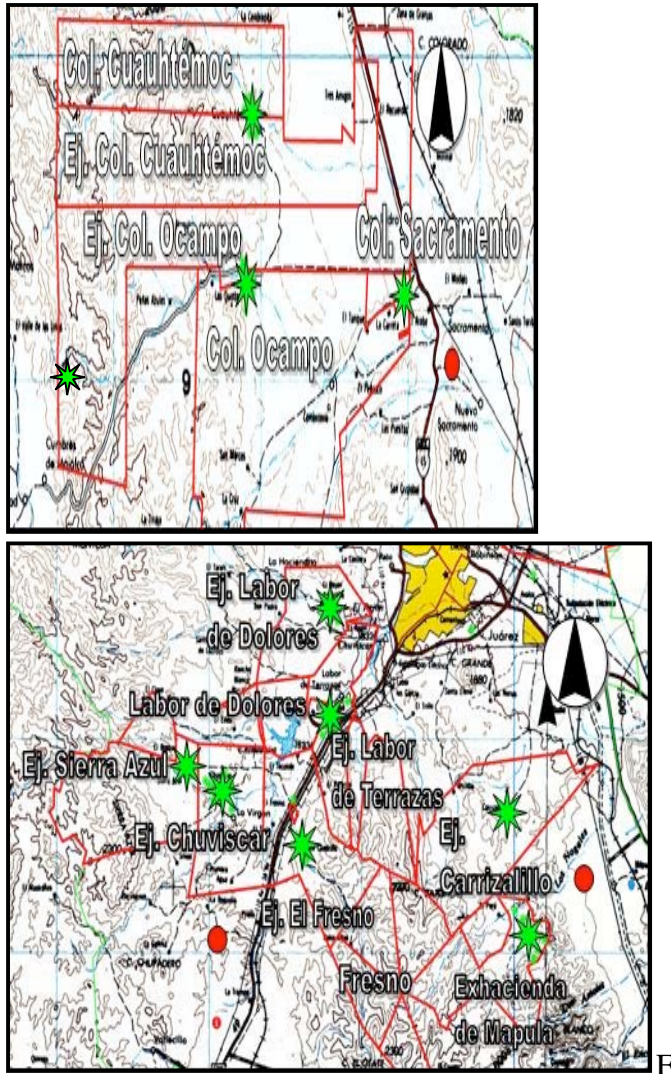


Figura 4. Localización de las zonas vulnerables a la contaminación por escurrimientos de residuos acumulados.

Tabla 1. Sitios propuestos para la disposición de estiércoles

No de sitio	Nombre de la explotación (Colonias y Ejidos)	Distancia al sitio propuesto (km)
1	Cuauhtémoc	21
	Ocampo	16.6
	Sacramento	6
2 A	Labor de Dolores	25
	Sierra Azul	19.2
	Chuviscar	16.6
	Labor Terrazas	30
2 B	Carrizalillo	12
	Exhacienda de Mapula	7
3	Col. Abraham González	2.6
4	Rancho de en Medio	5
	Tabalaopa	10
5	Soto	3.7



- Explotaciones ganaderas
- Localización del sitio propuesto

Figura 5- Localización geográfica de los sitios de disposición 1 y 2 propuestos, rutas de acceso, fuentes generadoras y cauces hídricos circundantes-

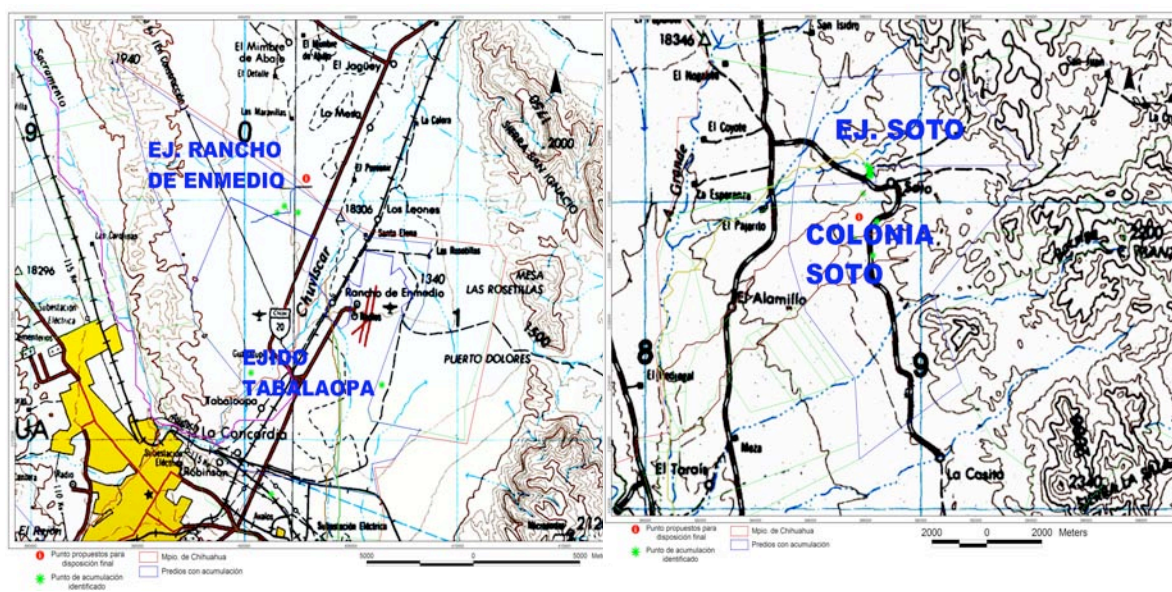


Figura 6. Localización geográfica de los sitios de disposición 4 y 5 propuestos, rutas de acceso, fuentes generadoras y cauces hídricos circundantes.

Tabla 2. Características fisicoquímicas de los estiércoles

	pH	% Sólidos			DQO total	N-NO ₃	P-total
	ST	SV	SF	(mg/kg)	(mg/kg)		
				(mg/kg)			
Valor medio	8.3	94.9	72.6	27.5	955	109	12.2
Desviación estándar	±0.1	±1.54	± 9.19	±9.19	± 138.88	± 242.4	± 5.35

Nota: Todos los valores son valores medios de un número de muestras representativas de 16 sitios muestreados

Tabla 3. Concentración promedio de Metales pesados (ppm) en los sitios muestreados

Metal	Inhibidora	Tóxica	Promedio
Co	-	-	ND
Cr	-	500	ND
Ni	100	1,000	7
Pb	-	500	ND
Zn	400	600	148
Mn	-	-	114
Cu	40	70	24