

Contacto CONAMER

6LS-CLS-AMMOC-AM6-B000212666

De: Emilio de los Ríos <emiliodelos@gmail.com>
Enviado el: martes, 21 de septiembre de 2021 10:10 a. m.
Para: Contacto CONAMER
Asunto: algunos datos que condifero útiles para la revisión de la nom 001 semarnat
Datos adjuntos: PTAR_porcina.pdf

A quien corresponda

favor de incluir en la sección de comentarios el archivo adjunto

Con interés he seguido el desarrollo de la nom 0001 semarnat, en particular, su aplicación en relación a las granjas porcicols del estado de Yucatan

dónde considero se debe establecer un debate respecto a la proliferación de granjas porcinas y sus consecuencias ambientales que involucre a las partes interesadas, pero dada la falta de argumentos fundamentados para iniciar este debate me di a la tarea de elaborar el documento que adjunto.

Gracias por su atención y aprovecho la oporetunidad para envviar mis mas respetuosos saludos

Emilio de los Ríos Ibarra



Contexto general del manejo de excretas porcinas a nivel granja.

La pertinencia de un sistema de manejo, tratamiento y disposición final de excretas, a nivel de una granja, depende de condiciones específicas de cada unidad de producción y de su entorno. Generalmente en el caso de granjas industriales, el manejo y disposición de excretas no es factible ni económicamente viable al interior de la unidad de producción, por lo que necesariamente para la disposición se requiere de suficiente espacio al exterior para reciclar los nutrientes contenidos en los residuos ya estabilizados, sin exceder la capacidad del medio ambiente para atenuar los efectos de la disposición. Cuando las granjas se localizan en una zona de suelos profundos y con alto potencial productivo, los residuos por su contenido de nutrientes, adquieren valor como abonos para sustituir fertilizantes químicos, el valor de los fertilizantes remplazados compensa en parte el costo suplementario de manejo. El uso de los residuos como abono implica acuerdos y cooperación entre el propietario de la granja y los propietarios de terrenos tan cercanos como sea posible a la unidad de producción y posiblemente un cambio en la programación de las actividades agrícolas en un ámbito regional.

El sistema de manejo debe adaptarse al tipo de granja, la variación estacional en las características y cantidades de desechos producidos que en función del manejo de los cerdos incluyen además de heces y orina, restos de alimento y/o de pajas u otro material que se usa como cama.

Desde el momento de diseñar una granja se toman decisiones sobre cada una de las cinco componentes de un sistema de manejo de residuos, estas son:

1. Recolección (barrido, lavado, gravedad)
2. Almacenamiento temporal entre una fase y otra
3. Tratamiento (que puede incluir varios pasos o procesos)
4. Transporte
5. Uso final

El buen funcionamiento del sistema tiene su base en los siguientes principios:

Con respecto al suelo:

Las aplicaciones de estiércol, purines o digestato al suelo, no debe exceder la capacidad de este de absorción de agua y almacenamiento de nutrientes.

La tasa de aplicación de líquidos debe ser menor que la tasa de infiltración del suelo, a fin de evitar escurrimientos.

La cantidad de desechos a aplicar, debe estar en relación a las necesidades de nutrientes de los cultivos o vegetación presente y evitar propiciar la acidificación del suelo.

Agua

Se debe excluir el agua limpia innecesaria,
Evitar la contaminación mediante el confinamiento del agua contaminada.

Almacenar y/o tratar el agua para usarla cuando existan condiciones apropiadas para su uso en los sitios apropiados.

Aire

Evitar o reducir la emisión de malos olores y su diseminación.

Evitar o reducir la emisión de gases nocivos como son el metano, amoníaco y óxido nítrico entre otros.

Minimizar los movimientos de aire mediante barreras contra viento

Considerar la dirección de vientos dominantes.

Plantas,

El destino final de los desechos sólidos o líquidos, con un grado mayor o menor de tratamiento no puede ser otro que su aplicación sobre campos de cultivo, para fomentar el crecimiento de especies vegetales y reciclar los nutrientes contenidos en los desechos. Acotando las aplicaciones en función de la necesidad de nutrientes.

Animales

En este rubro se debe considerar

El bienestar de los animales en producción

Los animales recicladores (insectos y lombrices)

La proliferación de fauna nociva (insectos, ácaros, roedores)

No interferir con la fauna silvestre que habita en el entorno de la granja. en especial: fauna acuática, aves, abejas

Percepción social del los efectos del sistema de tratamiento

Es necesario considerar la percepción social de los efectos derivados de la presencia de desechos de granjas y del sistema de manejo, percepción que varía en función de la distancia de la granja y la actividad realizada. Pues es evidente que la reacción a; por ejemplo, los malos olores no es la misma si el vecino es avicultor que si es hotelero. Es también un hecho que la degradación ambiental puede afectar la salud y los intereses de personas que habitan muy lejos de la granja y en consecuencia la oposición a esta degradación, puede venir de sectores sociales que no residan en el entorno de la granja.

Contexto del manejo de excretas en las granjas porcinas industriales, considerando las características ambientales de Yucatán.

- **El entorno geográfico regional**

La mayoría de las unidades de producción fueron o están siendo implantadas, sin mayor consideración de la acumulación de la degradación ambiental que desechos porcinos pueden causar a nivel regional. Últimamente, las unidades de producción porcina tienden a crecer y aumentar el volumen de la producción para lograr economías de escala, y su localización geográfica responde a criterios de cercanía y facilidad de acceso a los centros de consumo y procesamiento, con el fin de reducir el costo del abasto de alimentos y del transporte de los cerdos al mercado.

En consecuencia, el patrón de distribución espacial resultante, esta lejos de ser el óptimo en relación a la susceptibilidad del medio a la degradación ambiental, a la vulnerabilidad a la

contaminación de los mantos freáticos o a la capacidad del suelo de soportar y atenuar la aplicación de desechos y los nutrientes que contienen. Resulta urgente revisar este aspecto; realizando los estudios de suelo, del sustrato geológico y vulnerabilidad del manto a la contaminación para disponer de información necesaria para evaluar el riesgo de degradación ambiental y la calidad del sitio para la implantación de unidades de producción. Con esta información se podrá determinar el nivel de tratamiento necesario de los desechos previo a su aplicación al suelo, los cultivos mas adecuados y el área necesaria para disponerlos adecuadamente.

- **Características y producción de los desechos**

Si bien existe diversas fuentes de información sobre las características y cantidad de desechos producidos, es necesario complementar esta información con un seguimiento basado en estudios de campo para establecer un flujo continuo de datos reales sobre el comportamiento de los sistemas de tratamiento, en cada granja o de menos en un número representativo de ellas. Considerando su función zootécnica, el volumen de producción, el sistema de manejo de los cerdos y de los desechos, la cantidad de mano de obra necesaria para cada operación, su nivel de capacitación, la inversión de capital necesaria, el tipo de alimentación y entre otras características pertinentes.

También es necesario establecer las características de los residuos, incluyendo el contenido de nutrientes vegetales. Y las de los efluentes de cada etapa de tratamiento para establecer las emisiones a la atmósfera, al suelo y eventualmente la cantidad y naturaleza de contaminantes que llegan al manto.

- **Recolección**

El diseño de sistemas de manejo y tratamiento de residuos requiere de criterios técnicos útiles para dimensionar los sistemas de recolección y evacuación en las granjas nuevas, pero muchas de las unidades de producción existentes, se construyeron considerando únicamente la necesidad de retirar la excreta del interior de las naves, pues ahí terminaba el manejo de los desechos. En consecuencia es necesario diseñar sistemas de recolección, conducción y manejo que puedan ser instalados en granjas ya establecidas, a un costo accesible y que puedan ser operados sin necesidad de personal suplementario. Estos sistemas incluyen un sistema de captación de los desechos al salir de las naves su conducción a un tanque de transferencia para que de ahí pasen al sistema de tratamiento de líquidos y sólidos. Es importante considerar las necesidades de almacenamiento, de herramientas y maquinaria necesaria para estas labores.

- **Almacenamiento**

En el diseño del sistema de almacenamiento intervienen factores específicos a cada granja, como son: El sistema de manejo de excretas, que esta relacionado a la cantidad de agua utilizada, la proporción de agua reciclada, la forma y el lapso en que se puede aplicar de forma segura los desechos sobre el terreno. La separación de sólidos necesaria y el manejo de estos. Analizando diversas alternativas del momento que durante el proceso se separaran los sólidos dentro del sistema, y la conveniencia de reducir el volumen de sólidos en el efluente liquido y el costo que implica el manejo de la masa retirada.

Otros factores que influyen son, la composición del alimento, la cantidad que se desperdicia y cae al suelo para unirse a la excreta, el uso de pajas y otros materiales para camas y las características del suelo que determinaran la extensión de terreno necesaria para disponer los desechos.

- **Tratamiento.**

En general los sistemas de tratamiento de los desechos porcinos en México, consideran unicamente el tratamiento de las aguas residuales pues la reglamentación impone criterios de calidad específicos para su descarga. Esta reglamentación (Norma Oficial Mexicana NOM 001 SEMARNAT 1996) se pensó para regular las descargas de aguas residuales municipales, y como se explica mas adelante, esta mal adaptada para regular los efluentes pecuarios, en general. Es importante recordar que **los desechos de las granjas porcinas no solo son aguas residuales, se componen de un volumen variable de agua y un considerable volumen de sólidos, cualquiera que sea la proporción de la mezcla, su adecuada disposición requiere de múltiples procesos y no solo se reduce a tratar las aguas residuales para cumplir los criterios de la norma antes de su descarga.** Admitiendo que el tratamiento sea posible, ya que frecuentemente la concentración de materiales contaminantes en las aguas residuales porcinas es tal que su tratamiento para cumplir los criterios de la norma a un costo accesible es imposible. Por otro lado al no establecer concentraciones máximas permisibles de nitratos y fósforo en las descargas mediante riego agrícola, estos elementos no se miden en los análisis de verificación de cumplimiento y se abre la puerta a una posible contaminación de las aguas subterráneas.

- **Transporte**

Para aplicar los desechos de las granjas porcinas sobre terrenos agrícolas es necesario contar con sistemas para el transporte de la granja a los terrenos y sistemas de aplicación dosificables para poder controlar las cantidades aplicadas. En este tema existe poca información disponible sobre pruebas y experiencia del uso de estos equipos en Yucatán y aun menos en cuanto a esquemas de organización para la prestación del servicio relacionado.

En conclusión

No existen soluciones definitivas ni aparatos milagrosos, para evitar la contaminación ambiental generada por los desechos de las granjas porcícolas. **La legislación y normatividad al respecto debe ser modificada para exigir un sistema integral de manejo de residuos, tanto de la fracción solida como de la líquida, adaptado a las condiciones locales.** También sería útil implementar una estrategia de colaboración entre autoridades, porcicultores y otras partes interesadas para probar técnicas, equipos y procesos en todas las funciones que se acaban de mencionar, incluyendo todos los tipos y tamaños de granjas. De otra forma seguirán surgiendo conflictos socioambientales.

Contexto internacional del manejo y tratamiento de residuos porcinos.

Origen del problema

Antes de la mitad del siglo XX las granjas producían una diversidad de productos vegetales para el consumo familiar y la comercialización. Se manejaban varias especies animales; para alimento y como fuente de energía para el trabajo y transporte. Los animales consumían residuos, algunos excedentes estacionales o productos no alimenticios. El estiércol más que un desecho, era un recurso para la gestión de la fertilidad de los suelos.

Hacia 1970 las granjas se especializan en una sola especie o tipo de productos; granos, hortalizas, forrajes.... Y se intensifica la producción, sin embargo las granjas porcinas todavía se sitúan en las regiones donde se producen los granos, base del alimento de los cerdos. Con el aumento del número de animales aumenta la cantidad de estiércol y entonces se emiten reglas para su manejo. En general estas regulan la aplicación al suelo de los estiércoles para reciclar de manera adecuada los nutrientes que contienen. En países donde el porcicultor es cercano al productor de granos, como sucede por ejemplo en Dinamarca (Pedersen P., s/f) y otros países europeos, se establecen mecanismos para:

- 1) Limitar el número de cerdos en función del área agrícola disponible tomando en cuenta las características de los suelos y las necesidades de nutrientes de los cultivos locales.
- 2) Programar las aplicaciones, durante la estación agrícola para evitar la contaminación de cuerpos de agua, ya sea por escurrimientos superficiales o de los mantos subterráneos por infiltración. Con el tiempo estos mecanismos también incluyen restricciones en el número de puercos por granja y requerimientos para controlar olores y emisiones a la atmósfera. (Martín G., et als. 2016)

La respuesta internacional

Los sistemas de investigación y divulgación agropecuaria de cada país desarrollan y difunden directrices para el manejo de residuos acorde a las diversas escalas de las granjas y considerando las características ambientales y las condiciones de cada región¹.

Estos manuales, en general escritos en colaboración con las asociaciones de porcicultores, son revisados periódicamente, describen, analizan el costo de operación, inversión y las ventajas e inconvenientes de diversas prácticas y sistemas disponibles para el manejo de los estiércoles, que cumplen con la legislación para la conservación ambiental.

En algunos países, la acumulación de granjas a nivel regional ha obligado a tomar medidas drásticas. Por ejemplo en Estados Unidos, durante la década de los 90 del siglo pasado, grandes corporaciones toman control de la porcicultura, las granjas industriales crecen y empiezan a causar problemas de contaminación de aguas y suelos, además de molestias por emanaciones a la atmósfera. La población afectada exige la intervención de las autoridades y da inicio una guerra de poderes. Las autoridades se ven obligadas a tomar medidas correctivas: En Iowa, principal estado productor de cerdos, se restringe el control de tierras agrícolas por corporaciones, restricción que desplaza las granjas porcinas del medio oeste a las Carolinas, estados donde la crisis de la producción de tabaco abre la puerta a la

¹ Ver las referencias en la bibliografía, estas corresponden a [1] EUA, 2) Nueva Zelanda 3) Australia 4) Manual para zona sub tropicales 5) España

instalación de granjas porcinas industriales, el desarrollo de esta actividad es tan acelerado que en 1997, las autoridades se ven obligadas a decretar una moratoria temporal para el establecimiento de nuevas granjas. Diez años mas tarde, esta moratoria se hace permanente. (North Carolina Administrative Code, 15A NCAC 02T .1307-.1308) y (15A NCAC 02D .1808.) Las granjas ya en funcionamiento deben elaborar y acatar un estricto plan de manejo y tratamiento de sus residuos. (McBride W. D., Key N., 2003 & 2009)

Estos no son mas que algunos ejemplos para ilustrar el hecho de que el manejo de los residuos generados en las granjas industriales representa un reto en constante evolución y para evitar conflictos sociales se requiere tanto de voluntad de las autoridades para regular como de la cooperación de las partes involucradas.

Panorama de la Regulación del Manejo de Desechos de Granjas Porcinas Industriales en México

En México, cuando se expide la primera ley para controlar la contaminación en 1971, (DOF 23 Marzo 1971) ya existía un rezago muy importante en materia de tratamiento de aguas residuales municipales, resultado de 20 años de acelerado crecimiento urbano tanto en la Ciudad de México como en otras zonas del país. La nueva ley queda bajo la tutela de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, SSA pero al momento de su publicación, existen ciertas trabas administrativas para que esta secretaría asuma las funciones que la misma ley estipula. Son necesarias algunas reformas en la estructura interior de la SSA, asunto que se resolverá después de varios meses, finalmente se expide el primer reglamento para controlar la contaminación de aguas en 1973 (DOF 29 Marzo 1973). La tutela de la SSA, explica el énfasis en la calidad microbiana del agua y los aspectos sanitarios, hecho plenamente justificado en el caso de aguas residuales municipales, pero no, en caso de desechos agropecuarios. Esta ley y su reglamento exigen el registro de descargas de aguas residuales, y acatar ciertas condiciones de calidad en las descargas, pagar un derecho o bien solicitar ante la autoridad competente la emisión condiciones particulares de descarga para cada generador de aguas residuales. Este sistema resulta poco claro, con demasiadas formalidades, en algunos casos se presta a discrecionalidad y no cumple con su cometido de controlar la contaminación de las aguas.

Mas tarde en 1982 se promulgó una segunda ley, esta vez bajo la tutela de la recién creada Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, (SEDUE) pero nunca se promulgó el reglamento. Y fue hasta 1988 (DOF 28 de Enero de 1988) que se promulgó la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, poco mas tarde, se emitieron diversas normas ecológicas para regular la calidad de aguas de las distintas actividades, sin que se mencionara las actividades agropecuarias (DOF 18 Octubre 93 y DOF 5, 6, 9 y 11 Enero 95)

Es necesario recodar que esta época las granjas porcinas eran en su mayoría de ciclo completo y las de mas de 100 vientres eran muy escasas, incluso según el censo de agropecuario de 1991 el 30.5 % de las unidades de producción eran familiares y manejaban el 24 % del hato porcino a nivel nacional y 82 % de las unidades de producción tenían menos de 5 cabezas de ganado, (INEGI Censo Agropecuario 1991).

En este contexto es obvio que la reglamentación se enfocara al tratamiento de aguas municipales, ya que los desechos de granjas porcinas por su dispersión espacial, no eran percibidas como una causa grave de contaminación por la opinión pública. También es

necesario señalar que en ese tiempo, la cerdaza (sólidos de los excrementos porcinos) era fuente de alimento para los mismos cerdos o rumiantes. (Tara Paz H., 2001), (García Sánchez J., 1993) y (Martínez Castillo V. A., 1999)

El primer sitio donde se percibe como grave el problema de contaminación ligada a granjas porcinas fue la región de La Piedad, Michoacán, en la margen del Río Lerma, que alimenta el lago de Chapala y su cauce recibe aguas industriales contaminadas desde su fuente. (Pérez Espejo R 2006). En la Piedad se concentraban múltiples granjas porcinas que descargan sus aguas residuales en el río, ocasionando la eutrofización de las aguas y la proliferación de lirio acuático. Por lo tanto, las autoridades presionan a los porcicultores para que equipen sus granjas con sistemas de tratamiento de aguas residuales, y no de un sistema de manejo de excretas que incluyera ambas fracciones la sólida y la líquida.

Al promulgarse la NOM ECOL 001 1996 (DOF 6 Enero 1997) se suscita un debate alrededor de la aplicación de la Norma para las granjas porcinas. Uno de los puntos debatidos era la exención de los límites máximos permisibles de nitratos y fósforo para las descargas de aguas residuales mediante el riego a suelos agrícolas. (Drucker A.G., Latacz-Lohmann U., 2003) Afirman que él entonces director de regulación de la CONAGUA en Yucatan, mencionó su desacuerdo en relación a esta exención. Y coinciden con (Pérez Espejo R., 2001) en señalar que la estrategia ambiental basada en medidas de comando y control plasmada en la NOM-001-ECOL-1996 no es adecuada para regular las descargas de las granjas porcinas. Ya que se trata de una norma genérica que no distingue las particularidades de cada actividad, que no existe sistema de tratamiento por complejo y oneroso que sea, para producir un efluente que cumpla con las condiciones de descarga exigidas en la norma. Y por último (Pérez Espejo R., 2001) pone en evidencia que la autoridad no cuenta con los recursos humanos, ni con el presupuesto necesarios para la aplicación, seguimiento y vigilancia del cumplimiento de la norma por lo que probablemente se convierta en letra muerta.

En relación al manejo y disposición final de lodos la NOM-004-SEMARNAT-2002 (DOF 15 Agosto 2003) la transcripción de su objetivo y campo de aplicación: “ *Objetivo: Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana. Campo de aplicación: Es de observancia obligatoria para todas las personas físicas y morales que generen lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales.*”

Pone en evidencia que esta norma no fue promulgada tomando en cuenta las características de los sólidos generados en el tratamiento de residuos de granjas pecuarias.

Por último es conveniente insistir en que cuando se emitieron las normas mencionadas, las granjas eran más pequeñas, entonces dadas las cantidades de residuos a tratar y de los efluentes a disponer mediante riego agrícola, se puede entender el hecho de no limitar el contenido de nitrógeno y fósforo del efluente, pues se admite que los suelos y cultivos reciclaran estos nutrientes. Lo que puede ser cierto en algunas regiones del país, pero en Yucatán, la ausencia de límites máximos permisibles, abre un vacío legal, considerando las características de los suelos; en particular su limitada capacidad para sostener un cultivo que

lleve a cabo el reciclaje de los nutrientes contenidos en las aguas residuales. Otro factor a resaltar es que cuando se emitió la NOM 001, la cerdaza era todavía fuente de alimento para cerdos y rumiantes. La separación de los sólidos reduce de la carga orgánica de la fracción líquida y en consecuencia el contenido de nutrientes del agua residual que se aplica al suelo.

Requisitos legales para la instalación y funcionamiento de las granjas industriales

Un aspecto importante; hasta ahora ignorado en la regulación de las granjas industriales son mecanismos que permitan lograr su aceptación social. Estos mecanismos, podrían estar plasmados en un ordenamiento territorial, pero el ejemplo de Yucatán, ilustra que no es suficiente, es necesario incluir mecanismos para que la población local pueda hacer oír su posición y eventualmente dar su anuencia a la instalación de una granja y evitar posibles conflictos.

Un primer requisito, es facilitar el acceso público a la información necesaria, pero actualmente es un hecho que circula poca información sobre el funcionamiento y las consecuencias que las granjas industriales tienen sobre el ambiente. Incluso las estadísticas y registros de las autoridades sanitarias y pecuarias son poco confiables, por ejemplo de acuerdo a los datos de SIAT SADER se reportan los cerdos sacrificados pero no la población de vientres, en artículos de investigación se reporta la existencia de granjas sin registro ante la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. SAGARPA (Méndez Novelo, R, et als 2009)

En cuanto a una granja en particular, la única fuente disponible al público, es la manifestación de impacto ambiental, (MIA) que quien pretende instalar una granja presenta ante la autoridad ambiental federal. Pues el ingreso de un expediente ante SEMARNAT se reporta en la Gaceta Ecológica, accesible en la página internet de la Secretaria, y se sube a la red una versión pública del documento. Las MIAs presentadas ante autoridad federal son de las pocas fuentes de información que se pueden consultar libremente para conocer la capacidad, función zootécnica y los sistemas de tratamiento de residuos de las granjas. Pero en algunos casos la MIA se presenta ante autoridad estatal (SDS) sin que la dependencia informe al público del ingreso del expediente, y solo es posible el acceso público mediante solicitud expresa.

Por solicitud de acceso a la información pública se pudo revisar todos los expedientes de las manifestaciones de impacto ambiental (MIAs) de granjas porcinas presentados ante la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Yucatán entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de diciembre de 2019. Revisión que permitió constatar que quienes las elaboran, siguen un patrón determinado por “guías” que emite ya sea SEMARNAT o SDS.² Estas guías proporcionan indicaciones generales sobre el contenido en función del tipo de tramite de acuerdo a la reglamentación respectiva y por lo tanto pasan por alto información importante para la evaluación de los impactos ambientales específicos de las granjas. Entre los datos omitidos están: La carga orgánica total generada, (diaria y anual), el consumo total de agua, las características del agua residual generada etc. Si bien estos datos son necesarios para tramites que con fundamento en la Ley de Aguas Nacionales se debe realizar ante CONAGUA. Los datos relacionados al aprovechamiento de aguas nacionales y la autorización de descarga de aguas residuales, deberían figurar en toda MIA.

² en anexo “A” se encuentran los enlaces para descargar estas guías

Otro aspecto importante que no se describe con el detalle necesario para una correcta evaluación de los impactos ambientales es el manejo de los residuos sólidos. En este caso la descripción se reduce a una mención del destino de los residuos infecto contagiosos, el sistema de manejo de cadáveres y la mención de que se utilizará el servicio municipal para disponer de los residuos sólidos de tipo doméstico. Frecuentemente la mención de los lodos o otro tipo de sólidos derivados de las excretas ya sea tratados, mezclados con agua o secos, se reduce a afirmar que se cumple con lo estipulado en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (DOF 15 de Agosto de 2003). Cabe recordar que de acuerdo al artículo 19 inciso III de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos: quien genera mas de 10 toneladas de residuos al año es “gran generador” y sus residuos son en consecuencia de manejo especial por lo que debe cumplir con ciertas obligaciones, las que se omiten argumentando que se trata de sólidos estabilizados y en consecuencia se dispone de ellos sobre suelos, sin consideración alguna al hecho de que contienen nutrientes vegetales y representan un potencial riesgo de contaminación de los mantos freáticos, en particular con las características de suelos y sustrato geológico de Yucatán.

Las MIA's en general describen con cierto detalle los sistemas de manejo y tratamiento de los aguas residuales pero son bastante escuetas sobre el manejo y destino de los sólidos generados en una o varias etapas del proceso, en algunas MIA's se hace referencia a un programa de manejo de residuos sólidos, que se entrega a la Secretaría de Desarrollo Sustentable Estatal, pero la revisión de varios de estos programas no aportó alguna información útil al respecto. En todos los casos el programa de manejo se limita a mencionar la existencia de estos residuos y que se son “mejoradores de suelo,” sin mencionar cantidad generada. Sin embargo, aun cuando se trate de sólidos secos y estabilizados ya sea en el biodigestor o por composteo, estos contienen **Nitrógeno** en varias de sus formas reactivas, **Fósforo y otros nutrientes** que pueden contaminar el agua si son aplicados en exceso o liberarse en forma gaseosa a la atmósfera.

Finalmente es importante señalar que la evaluación del impacto ambiental a nivel granja no permite analizar el posible impacto acumulativo de localizar varias granjas en un área determinada.

Análisis de los sistemas para el manejo, tratamiento y disposición final de residuos de utilizados en las granjas porcinas

El sistema de manejo de residuos empleado en las granjas porcinas ha ido evolucionando con el tiempo. La primera descripción de un sistema de tratamiento que se localizó en la literatura consultada, corresponde al reporte de una visita que veterinarios americanos hicieron, en abril de 1995, a las granjas porcinas mas modernas de Yucatán. (Fuhrman, Monte W.,1996) *”El sistema de manejo de desechos consiste en un tanque de acumulación, donde confluyen todos los desechos al ser lavados los corrales, el depósito esta equipado de una bomba desmenuzadora, que transfiere los residuos a un tanque de sedimentación, donde por decantación se separan los sólidos sedimentables, después de este tanque los desechos pasan a una **laguna anaerobia**. El efluente de la laguna se aplica como agua de riego sobre un terreno. Los sólidos decantados en el tanque de sedimentación son descargados sobre lechos de secado, una vez secos se recogen con pala y se destinan a alimento para ganado bovino, pues de acuerdo a reportes tendría 26 % de proteína aprovechable”.*

Las lagunas anaerobias, reciben este nombre pues el líquido almacenado es sujeto a un tratamiento por microorganismos en ausencia de oxígeno, son estanques de hasta 4 metros de profundidad a cielo abierto. Hace unos 20 años eran las estructuras más comunes para el manejo de aguas residuales pecuarias. Un documento del servicio de extensión de la Universidad Estatal de Carolina del Norte (Barker J.C., 1996) presenta datos técnicos para su construcción, operación y mantenimiento. Las lagunas permiten algún tratamiento de los efluentes ganaderos y el almacenamiento temporal mientras **son regados sobre terrenos agrícolas, en las cantidades necesarias para satisfacer las necesidades de nutrientes de los suelos en función de la cantidad de nutrientes (Nitrógeno o Fósforo) en el agua de la laguna**, lo que implica la necesidad de realizar periódicamente análisis químicos.

Las lagunas anaerobias se consideraron, en un principio un tratamiento completo, pero con la experiencia se constató que en zonas o años muy lluviosos podían desbordar y contaminar los cauces de agua, que producían malos olores derivados de la producción de ácido sulfhídrico, gases orgánicos y amoníaco, que se perdía una alta proporción de nutrientes y que después de algunos años se acumulaba fango en el fondo, el que debía ser retirado, operación que implicaba altos costos y requería mano de obra no siempre disponible.

El sistema de lagunas anaerobias fue promovido en México por el CPM Consejo Porcícola Mexicano, mediante un manual e incluso un programa de cómputo para su diseño (Taiganides, E. P., Pérez R., Girón E. 1996).

Cuando el 16 de febrero de 2005, entra en vigor el Protocolo de Kioto, las naciones que lo ratificaron, entre ellas México, adquirieron compromisos en relación a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y para ello se beneficiaban de uno de los componentes del protocolo: “el mecanismo de desarrollo limpio” y se instauraba un mercado de emisiones mediante el intercambio de “bonos de carbono” para optimizar la inversión en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero independientemente de su localización geográfica. De esta forma, las granjas industriales de cerdos y ganado lechero en México, que emitían grandes cantidades de metano CH_4 , que era posible evitar, representaron un atractivo nicho para empresas intermediarias entre las industrias contaminantes en países desarrollados y los granjeros.

Estas empresas; después de realizar una evaluación somera de las granjas, establecían convenios con los granjeros, financiaban la instalación de biodigestores y sistemas para capturar y quemar del biogás producido, realizaban los trámites para obtener los certificados de reducción de emisiones (CER), que comercializaban en países desarrollados.

Los primeros biodigestores en México bajo este esquema se instalaron en Veracruz, Puebla y Sonora, la empresa que los contrato también estuvo en Yucatán, sin embargo los costos de excavación frenaron sus intenciones lo que retrasó la instalación.

En 2006, algunas granjas de Yucatán suscriben convenios para participar en el mercado de bonos de carbono por reducción de emisiones de GEI. Para lo cual se elabora un documento público de registro. En este documento, primero se define una “línea base de emisiones” que consiste en definir y especificar las actividades que dan lugar a la emisión de GEI que se pretende reducir y mediante una metodología específica cuantificarlas. Para posteriormente estimar la disminución que se pretende al modificar las actividades incluidas en la línea base.

Tomando como ejemplo un proyecto registrado ante el MDL que incluye varias granjas del Municipio de Muna, (UNFCC CDM 2008), en que se describe las actividades incluidas en la

línea base, se describe el sistema de manejo de excretas siguiente: todos los residuos de los corrales de los cerdos llegan a un tanque de ecualización, de ahí se pasan por un separador de sólidos que segrega los sólidos que se acumulan en pilas a la intemperie y la parte líquida llega a una laguna anaerobia, cuyo efluente se descarga por riego a terrenos agrícolas, fuera de la granja, razón por la que se excluye del registro. Es decir la línea base sólo considera las actividades al interior de la granja y no la descarga de aguas residuales en el suelo, ya que esta actividad genera emisiones de NO_2 y no se considero conveniente incluirla. Para mitigar las emisiones se propone un biodigestor que reemplaza la laguna anaerobia, pero este debe recibir el total de los residuos generados por lo tanto se saca del proceso el separador de sólidos. El incluir los sólidos que antes se segregaban, aumenta la carga orgánica que entra al biodigestor cuyo efluente pasará a una laguna de almacenamiento para continuar la degradación de la carga orgánica. En la laguna se volatilizan diversas formas de nitrógeno reactivo. El contenido de la laguna será descargado al suelo mediante el riego.

En el biodigestor, los sólidos volátiles que contiene el agua residual son transformados, mediante diversos procesos microbiológicos en masa microbiana, amoníaco, nitratos, nitritos para producir metano (CH_4), dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de carbono CO_2 , que constituyen el biogas. No hay pérdida de nitrógeno ni de fósforo.

El participar en el MDL y registrarse ante UNFCC, no tuvo los resultados esperados y muchos biodigestores tuvieron problemas de financiamiento y retrasos en su implementación. Este inconveniente fue corregido mediante apoyos del gobierno federal a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido. (FIRCO) Logrando al fin la adopción de biodigestores en varias de las mayores granjas porcinas.

Ante la opinión pública la instalación de biodigestores fue presentada como un gran avance en el control de la contaminación producida por las granjas industriales, en cierta forma esto es cierto, pero es necesario recordar que desde el punto de vista técnico es factible lograr la misma reducción de carga orgánica y de patógenos del agua residual en un sistema de lagunas de oxidación bien diseñado, entonces la ventaja del biodigestor radica en un mejor control de emisiones a la atmósfera y la reducción de los olores desagradables.

El más reciente sistema de tratamiento que se pretende instalar en granjas porcinas es el descrito en el anexo "Memoria Descriptiva y Técnica del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales" de una MIA presentada ante SEMARNAT en 2019.³ es el siguiente:

El sistema consta de: un **cárcamo concentrador** equipado con canastillos para detener sólidos de gran tamaño (no hay mención de tamaño de malla) que recibe todas las aguas de desecho de la granja, de ahí el agua residual se bombea a un **biodigestor anaerobio, de 14 400 m³** equipado de 4 agitadores, por lo que se puede clasificar como completamente mezclado. Este volumen corresponde, según el documento, a un tiempo residencia hidráulico (TRH) entre 25 y 30 días, lo que significa un **gasto medio diario de agua residual comprendido entre 480 y 576 m³**. Sin embargo en la Memoria se menciona un volumen de aguas residuales diarias de 257.35 m³.

El biodigestor descarga su efluente a un **tanque de sedimentación** de 89 m³ de volumen útil y un TRH de 2.5 horas. En esta sección se menciona una carga orgánica de 6.853 kg SV/m³, suponiendo que esta carga orgánica corresponde al efluente del biodigestor, si se espera un 50% de remoción sólidos, para obtener un lodo con 10 000 mg SV / l, lo que equivale a 10 kg SV / m³. La carga orgánica que cada 24 horas entra a la laguna de

3 El resolutivo de esta MIA niega la autorización.

almacenamiento de 9 000 m³ será de 31 313 kg SV. Esto con base a la mención de un “cárcamo pulmón de 75 m³, volumen que se intuye es el volumen total de lodos que diariamente se descargan a los lechos para su secado. Los lodos se secan al 85 % de humedad base húmeda.

De los datos y bajo los supuestos anteriores es posible establecer los siguientes valores:

- Volumen de aguas residuales generadas de 480 a 576 m³ / día
- La carga orgánica diaria en el efluente del biodigestor sería de 3 289.44 kg de SV.
- Carga orgánica segregada en los lodos del sedimentador 750 kg SV
- Carga orgánica que entra a la laguna de almacenamiento 2 539.44 kg SV

Este sistema esta previsto para una granja de engorda con una capacidad de 11 616 cerdos. De acuerdo a los datos de la tabla siguiente. El ciclo de un cerdo de engorda se divide en dos etapas, la primera dura 36 días y corresponde a los lechones recién destetados que llegan a la granja hasta que pasan a la siguiente etapa que corresponde a la engorda, el peso promedio en esta etapa es de 12.5 kilos, y produce los residuos indicados en la tabla siguiente:

Características y cantidad de estiércol producido por ganado porcino

	Sólidos totales	Sólidos Volátiles	COD	BOD	N	P	K	Total de estiércol		Humedad
	Kg día - animal (d-a)								L/(d-a)	% bh
hembra gestante peso vivo 200 kg	0.5	0.45	0.47	0.17	0.032	0.009	0.022	5	5	90
Hembra lactante peso vivo 192 kg	2.5	1	1.1	0.38	0.085	0.025	0.053	12	12	90
cerdo semental peso vivo 200kg	0.38	0.34	0.27	0.13	0.028	0.0097	0.0176	3.8	3.8	90

Estiércol por animal terminado en etapa de engorda

	Estiércol por animal terminado en etapa de engorda										días etapa
lechón peso prom. 12.5 kg	4.8	4	4.4	1.5	0.41	0.068	0.16	48	48	90	36
Cerdo engorda peso prom. 70 kg	56	45	47	17	4.7	0.76	2	560	560	90	120

Fuente: ASABE Standard D384.2.Mar 2005

En la segunda etapa los cerdos se siguen engordando hasta estar listos para su sacrificio a los 120 kg, el peso promedio de la etapa es de 70 kilos y requiere 120 días.

Con base en estos datos los 11 616 cerdos generan durante cada una de las etapas las cantidades siguientes:

etapa	S T	S V	COD	BOD	N	P	K	Estiércol
	Valores en Kg							
lechón	55,757	46,464	51,110	17,424	4,763	790	1,859	557,568
engorda	650,496	522,720	545,952	197,472	54,595	8,828	23,232	6,504,960

En una primera aproximación y dado que no hay datos para una mejor estimación, se calculará el promedio ponderado de generación diaria de estiércol, para llegar a los siguientes datos:

	S T	S V	COD	BOD	N	P	K	Estiércol
	kg día en promedio							
Durante 156 días por día	6,970	5,647	5,969	2,130	587	96	245	69,696

Con base en estos datos, el volumen de agua utilizado en la granja que llega al caudal de agua residual tenemos que la concentración del **influyente al biodigestor en SV es de 10.4 kg/m³**, si admitimos como cierto el dato de que el **efluente tiene una concentración de SV de 6.853 kg /m³**, entonces la eficiencia de remoción sera del **34%**.

Lo que permite estimar la producción de biogas; (Gunnerson C. G., Stuckey D.C., 1986) afirman que en un reactor completamente mezclado se producen **0.310 m³ de biogas por kg SV que entra** al biodigestor, lo que resulta en una producción de 1750 m³ de biogas día. Y de acuerdo a la misma fuente se consumen el 32 % de los sólidos volátiles. Resultados que concuerdan aproximadamente con lo estimado.

El análisis de las reacciones involucradas en le digestión anaerobia establece que **la concentración de nitrógeno no se modifica durante el tratamiento anaeróbico**, ya que los iones reductores necesarios para la de-nitrificación no están disponibles. Por lo tanto **en el biodigestor el Nitrógeno solo cambia de forma, es decir el Nitrógeno orgánico se transforma a en NH₃ o NH₄ + dependiendo del PH.** (Kumar Khanal Samir 2008)

En cuanto al fósforo la situación es mas o menos la misma, el fósforo se reduce en la mínima parte que se convierte en masa microbiana dentro del biodigestor, por lo que básicamente se mantiene constante.

El efluente del biodigestor después de pasar por el sedimentador y retirarse como se mencionó antes 75 m³ de volumen alto en sólidos volátiles, pasa a una laguna de almacenamiento cuyo tamaño le permite funcionar como laguna facultativa.

Si en estos 75 m³ que representan aproximadamente el 14 % del volumen total y admitiendo que en los lodos se retira el 20.5 % del Nitrógeno y que en la laguna se volatiliza el 75 % de Nitrógeno restante la concentración de nitrógeno en el efluente que se riega será de 250 mg / l lo que quiere decir que por cada 10 mm de lamina de riego, que equivale a 10 litros por m² se estará aplicando 25 kilos de N por hectárea, en el balance hídrico se pretende aplicar una lámina anual de mas de un metro o sea 100 veces más.

Las perdidas de Nitrógeno en la laguna se producen gracias a la oxigenación de una capa de agua por el contacto de la superficie del agua con el aire y la luz solar. Bajo estas condiciones se produce la degradación aerobia de la materia orgánica y a partir del amonio se producen nitritos y a partir de estos nitratos. Una parte del amonio se volatiliza como NH₄+ y NO₂.

Bibliografía

Méndez Novelo, R, Castillo Borges, E., Vázquez Borges, E., Briceño Pérez, O., Coronado Peraza, V., Pat Canul, R. y Garrido Vivas, P. (2009). Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 13-2, pp. 13-21, ISSN: 1665-529X.

SEMARNAT

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121002/Guia_MIA-Particular_CUS_Agropecuario.pdf

<https://www.gob.mx/semarnat/documentos/tramite-semarnat-04-002-a>

SDS

http://www.yucatan.gob.mx/servicios/ver_tramite.php?id=2046

http://www.yucatan.gob.mx/servicios/ver_tramite.php?id=2047

http://www.yucatan.gob.mx/servicios/ver_tramite.php?id=14

Flotats, Xavier, Henning Lyngsø Foged, August Bonmati Blasi, Jordi Palatsi, Albert Magri and Karl Martin Schelde. 2011. Manure processing technologies. Technical Report No. II concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. 184 pp.

Martin G., Moraine M., Ryschawy J., Magne M. A., Asai M., Sarthou J. P., Duru M., Therond O., (2016) Crop–livestock integration beyond the farm level: a review Agron. Sustain. Dev. (2016) 36: 53 DOI 10.1007/s13593-016-0390-x

Pedersen Poul P., s/f

Point-source Pig Manure-management Processes in Denmark

The National Committee For Pig Production

Danish Meat & Bacon Council consultado en

<http://livestocktrail.illinois.edu/uploads/sowm/papers/p276-284.pdf> mayo2020

1) United States Department of Agriculture NRCS 2009

Agricultural Waste Management Field Handbook

(210–VI–AWMFH, March 2008)

<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/?&cid=stelprdb1045935>

2) The New Zealand Pork Industry Board (NZPork) 2017

PORK INDUSTRY GUIDE Environmental Management 2 nd Edition revised March 2017

Christchurch N Zealand

<https://www.nzpork.co.nz/sustainable-farming/>

3) FSA Consulting 2015 for Australian Pork Limited
Piggery Manure and Effluent Management and Reuse Guidelines
APL Project No. 2012/1028
Barton ACT 2604 Australia
www.australianpork.com.au

4) E. Teenstra, F. De Buissonjé, A. Ndambi, D. Pelster, 2015.
Manure Management in the (Sub-)Tropics; Training Manual for Extension Workers.
Wageningen, Wageningen UR Livestock Research, Livestock Research Report 919.
Wageningen, The Netherlands,
www.wageningenUR.nl/en/livestockresearch.

5) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2010 [Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino](#)
https://www.mapa.gob.es/es/.../GuiaMTDsSectorPorcino_tcm30-105316.pdf

McBride W. D., Key N., 2003
Economic and Structural Relationships in U.S. Hog Production.
Resource Economics Division, Economic Research Service,
U.S. Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 818.
Washington D.C.

McBride W. D., Key N., 2009
U.S. Hog Production From 1992 to 2009: Technology, Restructuring, and Productivity Growth
U.S. Department of Agriculture. Economic Research Report No. 159.
www.ers.usda.gov/publications/eib-economic-research-report/err158

Tara Paz H., 2001 Evaluacion productiva de ensilado de cerdaza y forraje de corte como ingredientes en la alimentacion de cerdas gestantes"
Tesis MVZ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan Unam

García Sánchez J., 1993 Evaluacion del efecto de la adición de un ensilado elaborado a base de cerdaza y sorgo sobre el comportamiento productivo de cerdos alimentados durante la etapa de desarrollo.
Tesis MVZ Facultad de Veterinaria Y Zootecnia UNAM

Martinez Castillo V. A., 1999 Eefecto de la inclusión de cerdaza en ensilados de planta de maíz y melaza, sobre los parámetros productivos de corderas criollas.
Tesis MVZ Facultad de Veterinaria Y Zootecnia UNAM

Rosario Pérez Espejo 2006 Granjas Porcinas y Medio Ambiente, Contaminación del agua en La Piedad, Michoacán
Plaza y Valdés, S.A. de C.V. UNAM-IIIEC-FMVZ, Instituto Nacional de Ecología-Semarnat

Drucker A.G., Latacz-Lohmann U., 2003 Getting incentives right?: a comparative analysis of policy instruments for livestock waste pollution abatement in Yucatán, Mexico

Environment and Development Economics 8: 261–284 Cambridge University Press United Kingdom
DOI:10.1017/S1355770X03000147

Pérez Espejo R., 2001 Porcicultura y contaminación del agua en la Piedad Michoacán México Revista Internacional de Contaminación ambiental 17 (1) 5-13,2001

UNFCC CDM 2008 Project 1765 : Anaerobic Biodigesters in the Yucatán Peninsula 2
UNFCC CDM PROJECT DESIGN DOCUMENT (CDM-SSC-PDD)
Small-scale project activity: February 26 th of 2008
<https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1207228571.96/view>

UNFCC CDM Reporte de evaluación mencionando horas de no funcionamiento
https://cdm.unfccc.int/filestorage/q/g/LJ97AH82WM5YU3PCZ0RE4DSKXBQF6I.pdf/MR-1765-07-02.pdf?t=Tkd8cWFoc2hmfDBWSgq_xhlcKKY7uxBJJwVk

UNFCC CDM 2008 Project 1767 : Anaerobic Biodigesters in the Yucatán Peninsula 1
<https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1207311735.19/view>

Fuhrman, Monte W.,1996 Hog heaven: Is it on the Yucatan Peninsula of Mexico?
Journal of Swine Health and Production Volume 4, Number 1 Jan - Feb, 1996

Swine extension 2019 Solids Separation in Swine Manure Handling Systems
<https://swine.extension.org/solids-separation-in-swine-manure-handling-systems/>

Samir Kumar Khanal 2008 Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Applications John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-813-82346-1

James C. Barker 1996 Lagoon Design and Management for Livestock Waste Treatment and Storage
Biological and Agricultural Engineering North Carolina State University, Raleigh, NC
North Carolina Cooperative Extension Service Publication Number: EBAE 103-83
Last Electronic Revision: March 1996 (JWM)

Taiganides, E. P., Pérez R., Girón E. (1996), Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México, Consejo Mexicano de la Porcicultura, México D.F.

FIRCO (s/f) Diagnóstico General de la Situación Actual de los Sistemas de Biodigestión en México FIRCO SAGARPA