

01690 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

ASPECTOS ECONÓMICO AMBIENTALES DE LA GANADERÍA EN MÉXICO: LA PORCICULTURA EN LA REGIÓN DE LA PIEDAD, MICHOACÁN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS

PRESENTA
ROSARIO HAYDEE/PÉREZ ESPEJO

TUTOR PRINCIPAL: EVERARDO GONZÁLEZ PADILLA
COMITÉ TUTORAL: JOSÉ CUARÓN IBARGÜENGOITIA
ROBERTO ESCALANTE SEMERENA
FELIPE TORRES TORRES
YOLANDA TRÁPAGA DELFÍN



MÉXICO, D.F.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM por el apoyo económico otorgado

Al Comité Tutorial integrado por los doctores Everardo González Padilla, José Cuarón Ibarquengoitia, Roberto Escalante Semerena, Felipe Torres Torres y Yolanda Trápaga Delfín y a los doctores Úrsula Oswald Spring y Alejandro Toledo Ocampo, por las observaciones realizadas al trabajo

A la Dra. Alicia A. Girón González, directora del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM; su apoyo en la realización del trabajo de campo fue fundamental

A la Dra. Carmen Durán de Bazúa, Coordinadora Global del PIQyQA de la Facultad de Química de la UNAM, quien puso a mi disposición personal altamente capacitado en la toma de muestras de agua residual

A los laboratorios de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México, del Centro de Servicios de Constatación en Salud Animal de Jiutepec, Mor. y del Subcomité Estatal de Porcicultura S.C. de La Piedad, Mich., donde se llevaron a cabo los análisis de agua residual

A la actuaría Adriana Ducoing por su asesoría en el cálculo de la muestra para el levantamiento de la encuesta

A los porcicultores de La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco, Gto. quienes pacientemente contestaron el cuestionario y permitieron tomar muestras de agua residual de sus granjas

Al ingeniero Andrés Bogati, a la doctora Esther Iglesias y a la licenciada Rosalba Robles, solidarios en la revisaron del texto

A la Ing. Patricia Llanas y al Sr. Aristeo Tovías de la Secretaría Técnica del IIEc por su ayuda en la edición de este trabajo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A los doctores Yudiel Pérez Rosal y Anna María Espejo Guadalajara

Para Ana y Ariosto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

Resumen	
Abstract	
Introducción	1
Objetivo general	6
Hipótesis general	7
Antecedentes	7
Capítulo 1	La geoeconomía de la porcicultura 13
1.1	A nivel mundial 18
1.1.1	Dinámica e importancia
1.1.2	Los nuevos tópicos en productividad: trato humanitario, calidad y medio ambiente
1.2	En México 27
1.2.1	Importancia y tendencias
1.2.2	Características: modalidades, niveles de tecnificación, escala de producción, concentración
1.2.3	Modelo de crecimiento y medio ambiente
i)	La porcicultura y el recurso agua
1.3	En el espacio de estudio 36
1.3.1	Representatividad en relación con el problema ambiental
1.3.2	Representatividad de sistemas productivos
	Conclusiones del capítulo 44
	Apéndice estadístico 46
	Gráficas 56
Capítulo 2	Las raíces teóricas del problema ambiental 62
2.1	La economía ambiental
2.1.1	Externalidades y cómo se resuelven
i)	Impuestos pigouvianos
ii)	Derechos de propiedad
iii)	Creación de mercados
2.2	La respuesta en la práctica: la política de protección ambiental . . . 77
2.2.1	Instrumentos en torno al mercado
2.2.2	Las medidas "compulsivas"
2.3	Sumándose a la estrategia internacional 80
2.3.1	Norma sobre descargas de aguas residuales
2.3.2	Análisis costo-beneficio, tratamientos y porcicultura
	Conclusiones del capítulo 91
	Anexo 92
Capítulo 3.	Modelo de internalización en la porcicultura: el espacio de estudio 95
3.1	"Internalizando" en la porcicultura 96
3.1.1	Internalización como inversión en sistemas de tratamiento

	i) Características de la granja	
	ii) Los sistemas de tratamiento	
	iii) La normatividad vigente	
	3.1.2 Internalización como pago de un derecho	
	3.1.3 Internalización como inversión y como pago de un derecho.	
3.2	El método de la investigación	109
	3.2.1 Las fuentes de información	
	3.2.2 Selección de la muestra	
	i) Universo de estudio	
	ii) Población, marco y unidad de muestreo	
	iii) Diseño de muestreo	
	3.2.3 El cuestionario	
	3.2.4 Levantamiento de encuesta y análisis de agua	
	3.2.5 Muestra calculada y muestra levantada	
	3.2.6 El modelo estadístico	
3.3	Resultados	127
	3.3.1 Descripción de la actividad	
	i) Modalidad	
	ii) Escala de producción	
	iii) Concentración de la producción	
	3.3.2 Cantidad y calidad del agua	
	3.3.3 Sistemas de tratamiento y niveles de remoción	
	3.3.4 Internalización del costo ambiental	
	i) Inversión en sistemas de tratamiento	
	ii) Pago de derechos	
	3.3.5 Reciclaje	
	i) Producción de biogas	
	ii) Alimento animal	
	iii) Fertilizante orgánico	
	Conclusiones del capítulo	161
	Lista de cuadros del texto	164
	Apéndice estadístico	165
	Anexos	181
Capítulo 4	Sustentabilidad en porcicultura	186
4.1	En torno al concepto de sustentabilidad	186
	4.1.1 Antecedentes y connotaciones	
	4.1.2 La crítica al concepto	
4.2	Sustentabilidad, organismos internacionales y ganadería	197
4.3	Ganaderías industriales y sustentabilidad	201
4.4	¿Es posible la sustentabilidad en porcicultura?	204
	Conclusiones del capítulo	211
	Conclusiones generales	213
	Referencias	218
	Abreviaturas y siglas	



RESUMEN

La ganadería tiene un impacto importante en el ambiente que ha sido poco estudiado. La porcicultura, en particular, afecta el agua, recurso escaso, mal distribuido y altamente contaminado en nuestro país. Esta tesis tiene como objetivo analizar la estrategia ambiental para proteger la calidad de los cuerpos de agua, representada por la Norma Oficial Mexicana sobre descargas de aguas residuales a bienes y aguas nacionales y evaluar la forma como los poricultores de la región de La Piedad, Mich. asumen esta norma. El trabajo consta de cuatro capítulos. El primero aborda la porcicultura en tres niveles: el mundial (principal sistema productor de carne), el nacional (modelo de crecimiento que ha desatendido el medio ambiente, la calidad del producto y el trato humanitario a los animales) y el regional, donde sistemas productivos y problemas ambientales están representados en la porcicultura de La Piedad. El segundo capítulo plantea las raíces teóricas de la política ambiental desde la óptica de la economía y destaca el papel del sistema regulatorio en esa política. Con base en una encuesta en 33 granjas y en el análisis del agua residual de 11, en el tercer capítulo se hace un diagnóstico de la porcicultura regional, se analiza la aplicación de la norma y se estima la internalización del costo ambiental en las granjas del espacio de estudio. Por último, se reflexiona sobre el concepto de sustentabilidad y sus particularidades en la porcicultura. Se concluye que la estrategia ambiental vía la norma vigente, no constituye una estrategia ambiental adecuada para actividades como la porcicultura, sujeta a procesos biológicos y a incertidumbres derivadas de la naturaleza. La norma es más onerosa para los poricultores que para otros productores, es regresiva, su vigilancia es difícil y su gradualidad pospone la urgente protección del recurso agua.

Porcicultura - agua - política ambiental - normatividad

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ABSTRACT

Livestock has an important impact on the environment. Pig farms in particular affect water which becomes scarce, contaminated and badly distributed. The objective of this investigation is to analyze environmental strategies to protect the quality of the water bodies (Mexican Official Regulations over discharge of wastewater on national waters and property). It also analyzes the way in which pig producers of the Region of La Piedad, Michoacan apply the regulations. The study highlights the importance of pig production at the world level, national –where the model of growth has ignored the environment, the quality of production and the humane treatment of animals- and regional, where production systems and environmental problems are representative in La Piedad Michoacan. From the point of view of the economics, it points out the theoretical roots of environmental policy and the role of the regulations in this policy. Based on a survey and on the analysis of the wastewaters it reviews the application of the standard in pig production and estimates the environmental costs for the farms of the region. Lastly, it reflects on the concept of sustainability and it's particularities in pig production. It concludes that environmental strategy via current standards is not adequate for activities such as pig production, depending on biological processes and the uncertainties of nature The standard is more onerous for pig producers than for other producers; it's regressive, surveillance is difficult and the gradual terms of compliance postpones the urgent protection of the water resources.

Pig production - -water – environmental policy – regulations

INTRODUCCIÓN

Ha sido ampliamente reconocida la falta de atención que el medio ambiente y los recursos naturales recibieron en las teorías y políticas de desarrollo económico hasta finales de la década de los sesenta. Este rezago ha sido más patente en los países en desarrollo y, en particular, en sus sectores primarios.

En el difícil reto de acortar la brecha que los separa del mundo industrializado, los países en desarrollo han tenido que recurrir, entre otras estrategias, a un uso depredador de los recursos naturales y a una intensa explotación de la mano de obra.

Esta situación se ha agudizado por las exigencias competitivas de economías cada vez más abiertas al comercio internacional e insertas en un proceso de globalización –en particular de carácter regional– que ofrece más desventajas que ventajas a los países del tercer mundo.

Al plantear como inevitable el proceso de mundialización de la economía, gobiernos de países como el nuestro pretenden justificar su sometimiento acrítico al mismo. Sin embargo, por sus resultados a nivel mundial: exclusión, concentración, polarización y deterioro ambiental, la estrategia globalizadora es cada vez más cuestionables.¹

Aunque los problemas relacionados con el medio ambiente cubren una amplia gama, en los países en desarrollo uno de los más ingentes es el deterioro generalizado en la calidad de vida, debido a la degradación y agotamiento de los recursos naturales y la pérdida de biodiversidad. Los niveles de consumo de energía a partir de hidrocarburos –en opinión de algunos especialistas la principal amenaza ambiental para el futuro– en los países en desarrollo son aun reducidos en comparación con los países industrializados.

En este contexto, la solución a los problemas ambientales en los países en desarrollo se ve sometida a dos fuerzas antagónicas. Por una parte, a la suma de

¹ Paradójicamente, las manifestaciones más contundentes de rechazo al modelo económico, global han venido de la sociedad civil de los países desarrollados: Seattle, Melbourne, Praga, Gotemburg, Roma, Porto Alegre, etc.

las presiones internacionales, ámbito donde en los últimos treinta años se ha venido otorgando una mayor importancia al tema y domésticas, tanto de los grupos de la sociedad que padecen los efectos del deterioro ambiental como de la autoridad que funciona como caja de resonancia de ambas presiones.

Por la otra, está el hecho de que la variable ambiental, a pesar de los avances logrados en términos institucionales, legales y normativos, no está entre las prioridades de la política macroeconómica de nuestro país y sólo de manera marginal se considera en la toma de las grandes decisiones².

Se carece del suficiente desarrollo institucional que permita una coordinación adecuada entre dependencias y organismos del sector público a nivel federal, mediante la cual se puedan abordar, de manera integral y concertada, los temas ambientales, agropecuarios y comerciales. Los procesos de federalización y municipalización de la administración pública han dificultado aún más la atención a los problemas ambientales, pues se han delegado en estados y municipios responsabilidades que la infraestructura institucional y la disponibilidad de recursos no les permite asumir. Por último, la concertación entre los sectores público y privado para la atención de los problemas ambientales del sector agropecuario es mínima.

Aun cuando la autoridad ambiental ha realizado esfuerzos en el diseño de estrategias alternativas a la política de regulación, como son las iniciativas voluntarias, los instrumentos económicos indispensables de una política ambiental, –incentivos económicos, depreciación acelerada, subsidios, etc.– pertenecen a la esfera de competencia de la autoridad hacendaria, y para ésta, la variable ambiental constituye un objetivo si no ignorado, sí secundario.

A la escasez de recursos para atender las tareas que requiere la protección y el mejoramiento ambiental, se suman restricciones mayores como son la falta de recursos humanos y de tecnologías apropiadas para las condiciones específicas socioeconómicas, culturales, de latitud, clima, etc. de nuestro país.

² A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales se le asignó el 0.327% en el Presupuesto de Egresos de la Federación (Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006)

En el sector agropecuario, los problemas mencionados se presentan como si estuvieran bajo una lente de aumento: los rezagos en todo sentido son mayores y los recursos que se le destinan a través de los tres programas que han conformado la política para el campo de los últimos años³ no han sido suficientes ni desde el punto de vista productivo, ni desde el ambiental (Pérez e Ibarra, 2000). El impacto de las actividades agropecuarias en suelos, agua, vegetación y fauna ha sido calificado como el de una actividad extractiva y no de reproducción y renovación de recursos productivos.

El sector pecuario, incluyendo a las ganaderías de pastoreo con su impacto generalmente negativo en la biodiversidad y la fertilidad de los suelos por el sobrepastoreo⁴ y su responsabilidad en el proceso de deforestación, y a las intensivas, productoras de gases tóxicos (que sumados a las emisiones por combustión dañan el ambiente) y contaminadoras de cuerpos de agua, fue severamente cuestionado desde el punto de vista de su sustentabilidad por más de 1,000 participantes de todo el mundo en la primera conferencia electrónica sobre ganadería, medio ambiente y desarrollo humano convocada por diversos organismos internacionales⁵.

Los efectos colaterales de la producción de carne, leche y huevo, como la erosión y empobrecimiento del suelo, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación del agua, la eutroficación de cuerpos de agua y la producción de gases, han sido estudiados, desde la óptica de las ciencias exactas y de las naturales, pero casi no hay investigaciones que se hayan orientado al análisis de sus efectos económicos y a la determinación de sus implicaciones sociales.

Por otra parte, la importancia del sector ganadero desde el punto de vista económico es de la mayor importancia: proveedor de alimentos, materias primas y generador de divisas, ocupa una parte importante del territorio nacional en forma

³ PROCAMPO, Alianza para el Campo y Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria.

⁴ También puede ser positivo por constituir una fuente de fertilización.

⁵ FAO, IDRC, DCR, ILRI y el Steering Committee, Livestock-Environment Initiative (doce agencias más coordinadas por el Banco Mundial). Marzo-junio, 1997.

directa e indirecta y da lugar a una importante cadena productiva y de comercialización.

Una de las características fundamentales del sector ganadero en México es su heterogeneidad productiva; podemos encontrar todas las escalas de producción y todos los niveles de tecnificación. Sin embargo, un común denominador en esta diversidad de formas productivas es que, en términos generales, no existe una "internalización" de los costos ambientales.

En este hecho influyen multitud de factores: problemas económicos específicos del sector ganadero ligados a los programas de ajuste de la década de los ochenta y al proceso de apertura comercial de los noventa; escasos niveles de educación y conciencia acerca del problema; inconsistente proceso de normatividad ambiental; falta de desarrollo institucional; deficiente preparación del personal profesional en estos temas y limitaciones de las teorías que intentan cuantificar y asignar precios y valores a los recursos naturales y al medio ambiente.

Dentro de las actividades que forman parte de la ganadería en México, el sector porcícola constituye un objeto de estudio importante por las siguientes razones:

1. Es el tercer sistema productor de carne del país, aportando el 24% a la producción total de cárnicos (SAGARPA, 2000)
2. Ocupa, de manera indirecta, grandes extensiones de tierra donde se cultivan los principales insumos para la alimentación de los cerdos,
3. Impacta la balanza agropecuaria con sus importaciones de insumos para la producción: granos, oleaginosas, pie de cría, instalaciones, etc.
4. Genera una compleja cadena de producción y comercialización que incluye: producción agrícola de granos y oleaginosas, ganadería especializada de pie de cría, elaboración de alimentos balanceados, fabricación de maquinaria, equipo e instalaciones, producción de biológicos veterinarios, procesos de transformación (sacrificio y cortes) e industrialización (producción de carnes frías, embutidos y otros),

5. Es en la actualidad el segundo rubro en importancia en la exportación pecuaria,
6. Es una de las actividades pecuarias que mayor impacto tiene en el medio ambiente por el tipo de residuos que genera y las concentraciones de los mismos en zonas específicas,
7. Es un sector escasamente estudiado en sus connotaciones económico ambientales.

Todos estos argumentos llevaron a plantear la realización de una investigación sobre los problemas ambientales específicos de la porcicultura en una importante zona porcícola del país integrada por La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco, Gto., donde se concentran altos porcentajes de las piaras de cada uno de esos estados,

El estudio consta de cuatro capítulos. En el primero se aborda la geoeconomía de la ganadería porcina en tres niveles espaciales: el mundial, donde se revela como la ganadería más importante por sus volúmenes de producción y consumo; el nacional, donde impera un modelo de crecimiento que ha desatendido el medio ambiente, la calidad del producto y el trato humanitario a los animales, y en el espacio de estudio, donde sistemas productivos y problemas ambientales se ilustran en la porcicultura de la región de La Piedad. El segundo capítulo, se analizan desde la óptica de la económica, las raíces teóricas de la política ambiental, destacando el problema de las "externalidades" y las formas como el gobierno interviene para resolverlas. Se mencionan los planteamientos básicos de la economía ambiental, los mecanismos y estrategias que propone para "internalizar" el costo ambiental, deteniéndonos en el enfoque regulatorio con sus ventajas y limitaciones, para particularizar el papel de una norma sobre descarga de aguas residuales en nuestro país. En el tercer capítulo se analiza el modelo de internalización del costo ambiental de la porcicultura en el espacio de estudio y se presentan los resultados del estudio empírico realizado; se obtiene un diagnóstico de la porcicultura, se cuantifica la internalización del costo ambiental con base en la norma, se plantea un modelo de regresión para detectar asociaciones entre la internalización del costo ambiental y variables como tamaño

de granja, cuerpo receptor, modalidad y sistema de tratamiento y se elabora una crítica al esquema regulatorio vigente. Un cuarto capítulo contiene los planteamientos más conocidos sobre el concepto de sustentabilidad, sus definiciones más conocidas, las críticas en torno al mismo y los planteamientos de los organismos internacionales sobre sustentabilidad en ganadería. Se reflexiona sobre la posibilidad de que en las condiciones técnicas, institucionales y de mercado, la porcicultura puede llegar a ser una actividad que minimice el daño al medio ambiente. Por último, se plantean una serie de conclusiones de tipo general.

OBJETIVO GENERAL

La presente investigación tiene por objetivo analizar la estrategia que ha seguido la autoridad ambiental federal para proteger la calidad de los cuerpos de agua y la forma como esta estrategia puede ser asumida por una actividad específica en un espacio de estudio en particular. La actividad es la porcicultura y el espacio de estudio la región integrada por La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco, Guanajuato.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Conocer los problemas de contaminación que generan las granjas porcícolas en los cuerpos de agua
2. Conocer las prácticas de manejo y tratamiento de residuales en la región, su eficiencia (calidad del agua residual) y costo.
3. Indagar las características del reciclaje de residuos.
4. Analizar la viabilidad del cumplimiento de la norma sobre descarga de aguas residuales⁶ y plantear alternativas para el mejoramiento ambiental en el espacio de estudio.

⁶ Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos y bienes de la nación (NOM-001-ECOL-1996), a partir de aquí NOM 001 ó norma 001.

de granja, cuerpo receptor, modalidad y sistema de tratamiento y se elabora una crítica al esquema regulatorio vigente. Un cuarto capítulo contiene los planteamientos más conocidos sobre el concepto de sustentabilidad, sus definiciones más conocidas, las críticas en torno al mismo y los planteamientos de los organismos internacionales sobre sustentabilidad en ganadería. Se reflexiona sobre la posibilidad de que en las condiciones técnicas, institucionales y de mercado, la porcicultura puede llegar a ser una actividad que minimice el daño al medio ambiente. Por último, se plantean una serie de conclusiones de tipo general.

OBJETIVO GENERAL

La presente investigación tiene por objetivo analizar la estrategia que ha seguido la autoridad ambiental federal para proteger la calidad de los cuerpos de agua y la forma como esta estrategia puede ser asumida por una actividad específica en un espacio de estudio en particular. La actividad es la porcicultura y el espacio de estudio la región integrada por La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco, Guanajuato.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Conocer los problemas de contaminación que generan las granjas porcícolas en los cuerpos de agua
2. Conocer las prácticas de manejo y tratamiento de residuales en la región, su eficiencia (calidad del agua residual) y costo.
3. Indagar las características del reciclaje de residuos.
4. Analizar la viabilidad del cumplimiento de la norma sobre descarga de aguas residuales⁶ y plantear alternativas para el mejoramiento ambiental en el espacio de estudio.

⁶ Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos y bienes de la nación (NOM-001-ECOL-1996), a partir de aquí NOM 001 ó norma 001.

5. Reflexionar en torno al concepto de sustentabilidad y su significado en la ganadería.
6. Aportar algunos elementos que coadyuven a convertir a la porcicultura en una actividad que minimice el daño ambiental.

HIPÓTESIS GENERAL

El esquema regulatorio, en especial una norma genérica como la vigente, no constituye una estrategia adecuada para que sectores sujetos a procesos biológicos e incertidumbres derivadas de la naturaleza, como es la producción de cerdos, adopten medidas que realmente mejoren la calidad de los cuerpos de agua. La norma vigente resulta económicamente más onerosa para la porcicultura que para otros sectores productivos, su seguimiento es difícil, impide el reciclaje eficiente del agua residual en la agricultura y su gradualidad pospone la protección del recurso agua.

HIPÓTESIS PARTICULARES

- 1ª La infraestructura para el tratamiento del agua residual y las excretas de los cerdos que permita la descarga a cuerpos de agua tiene un costo muy elevado para la porcicultura,
- 2ª La gradualidad de la norma permite que un número importante de granjas no tengan sistema de tratamiento y muchas de ellas descarguen agua residual cruda a los cuerpos de agua y
- 3ª El reciclaje en la agricultura no se ha generalizado y su práctica es precaria.

ANTECEDENTES

A nivel mundial existe una amplia literatura sobre los impactos de la ganadería en el medio ambiente. La importancia del tema motivó que en 1997 se llevara a cabo en Wageningen, Países Bajos, la Conferencia Internacional sobre Ganadería y Medio Ambiente organizada por el Banco Mundial (BM), la Organización de

5. Reflexionar en torno al concepto de sustentabilidad y su significado en la ganadería.
6. Aportar algunos elementos que coadyuven a convertir a la porcicultura en una actividad que minimice el daño ambiental.

HIPÓTESIS GENERAL

El esquema regulatorio, en especial una norma genérica como la vigente, no constituye una estrategia adecuada para que sectores sujetos a procesos biológicos e incertidumbres derivadas de la naturaleza, como es la producción de cerdos, adopten medidas que realmente mejoren la calidad de los cuerpos de agua. La norma vigente resulta económicamente más onerosa para la porcicultura que para otros sectores productivos, su seguimiento es difícil, impide el reciclaje eficiente del agua residual en la agricultura y su gradualidad pospone la protección del recurso agua.

HIPÓTESIS PARTICULARES

- 1ª La infraestructura para el tratamiento del agua residual y las excretas de los cerdos que permita la descarga a cuerpos de agua tiene un costo muy elevado para la porcicultura,
- 2ª La gradualidad de la norma permite que un número importante de granjas no tengan sistema de tratamiento y muchas de ellas descarguen agua residual cruda a los cuerpos de agua y
- 3ª El reciclaje en la agricultura no se ha generalizado y su práctica es precaria.

ANTECEDENTES

A nivel mundial existe una amplia literatura sobre los impactos de la ganadería en el medio ambiente. La importancia del tema motivó que en 1997 se llevara a cabo en Wageningen, Países Bajos, la Conferencia Internacional sobre Ganadería y Medio Ambiente organizada por el Banco Mundial (BM), la Organización de

5. Reflexionar en torno al concepto de sustentabilidad y su significado en la ganadería.
6. Aportar algunos elementos que coadyuven a convertir a la porcicultura en una actividad que minimice el daño ambiental.

HIPÓTESIS GENERAL

El esquema regulatorio, en especial una norma genérica como la vigente, no constituye una estrategia adecuada para que sectores sujetos a procesos biológicos e incertidumbres derivadas de la naturaleza, como es la producción de cerdos, adopten medidas que realmente mejoren la calidad de los cuerpos de agua. La norma vigente resulta económicamente más onerosa para la porcicultura que para otros sectores productivos, su seguimiento es difícil, impide el reciclaje eficiente del agua residual en la agricultura y su gradualidad pospone la protección del recurso agua.

HIPÓTESIS PARTICULARES

1ª La infraestructura para el tratamiento del agua residual y las excretas de los cerdos que permita la descarga a cuerpos de agua tiene un costo muy elevado para la porcicultura,

2ª La gradualidad de la norma permite que un número importante de granjas no tengan sistema de tratamiento y muchas de ellas descarguen agua residual cruda a los cuerpos de agua y

3ª El reciclaje en la agricultura no se ha generalizado y su práctica es precaria.

ANTECEDENTES

A nivel mundial existe una amplia literatura sobre los impactos de la ganadería en el medio ambiente. La importancia del tema motivó que en 1997 se llevara a cabo en Wageningen, Países Bajos, la Conferencia Internacional sobre Ganadería y Medio Ambiente organizada por el Banco Mundial (BM), la Organización de

Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el *International Agricultural Centre* de la Universidad de Wageningen.

Unos meses antes, en mayo de 1997 y como parte de los trabajos preparatorios a la Conferencia Internacional, tuvo lugar una Conferencia Electrónica convocada por la FAO, el *International Development Research Center* (IDRC), el *International Livestock Research Institute* (ILRI) y el *Steering Committee, Livestock-Environment Initiative* (LEAD y doce agencias más coordinadas por el Banco Mundial), en la que hubo una amplia participación de especialistas y productores de todo el mundo.

También, como parte de la Iniciativa sobre Ganadería y Medio Ambiente, la FAO convocó a una Consulta de Expertos sobre Políticas de Producción Pecuaria y Ordenación de los Recursos Naturales para la Región de América Latina y el Caribe, la cual tuvo lugar en Brasil, en mayo de 1998.

En estos foros, los sistemas ganaderos se clasificaron en tres grandes grupos: sistemas ganaderos de pastoreo, mixtos y sistemas industriales en los cuales se incluyen principalmente a la avicultura y a la porcicultura. Estos últimos fueron los que recibieron menor atención por considerarse sistemas altamente tecnificados, subsidiados, que operan con elevadas tasas de ganancia y sin restricciones importantes de tecnología y capital para la solución de los problemas ambientales que generan.

Una búsqueda rápida de literatura sobre porcicultura y medio ambiente nos lleva a cientos de artículos, en su mayoría de tipo técnico y a numerosas citas de talleres, seminarios, congresos, reuniones, foros, etc., realizados desde principios de los setenta en diversas partes del planeta, donde se han abordado problemas y se han hecho propuestas de tipo técnico sobre manejo, control y utilización de residuos ganaderos.⁷

⁷ Por ejemplo, "Animal Wastes", Memoria del Seminario sobre Residuos Ganaderos, Checoslovaquia, 1971. Ed. P. Taigandies. London. "Wastes Management in Pork Production", Memoria del Seminario sobre Manejo de Residuos de la Porcicultura, Malasia, 1985. "Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture", Italy, 2000, AWI Workshop Bangkok, Thailand, 17-20 September 2001

En nuestro país los estudios acerca de los impactos ambientales de la ganadería, en general, y de la porcicultura en particular, son escasos y salvo tres seminarios sobre el tema⁸, organizados por el Consejo Mexicano de Porcicultura (CMP), agrupación privada de poricultores, ni el gobierno, ni la academia le han prestado a este problema la importancia que amerita.

En 1982, el CINVESTAV realizó un estudio en dos granjas de La Piedad, Mich. con el objeto de probar y proponer tecnologías de tratamiento que cumplieran con los cinco parámetros del entonces vigente Reglamento de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de 1973. El estudio concluyó que ninguno de los sistemas propuestos y puestos en marcha en esas granjas era capaz de remover contaminantes como lo establecía el Reglamento en cuestión.

Durante la segunda mitad de la década de los ochenta y principios de los noventa, el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, propusieron el uso de biodigestores para el tratamiento de los residuos de granjas porcícolas de pequeña escala en los estados de Tlaxcala, Morelos y Paso del Toro en Veracruz. Estos proyectos, aislados, no tuvieron continuidad.

En el ámbito de la investigación básica, se desarrolló en el CINVESTAV un proyecto para la producción de alga *Spirulina* a partir de excretas porcinas⁹ y el Instituto de Ecología de Jalapa participó en el establecimiento de un sistema de tratamiento biológico de agua residual de una granja porcina en el estado de Yucatán¹⁰.

Otros dos trabajos que abordan el problema de contaminación provocado por las granjas porcinas, con metodologías y objetivos completamente diferentes, son los realizados por el Consejo Mexicano de Porcicultura (CMP) en colaboración con el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM (IIEc) y la Comisión

⁸ Seminarios sobre Manejo y utilización de aguas residuales y excretas porcinas, realizado en Cocoyoc, Mor., marzo de 1995, en Galindo, Querétaro, octubre de 1997 y en Guadalajara, Jal. en septiembre de 2000

⁹ Memoria de la 3ª Reunión Nacional del CONASA, Acapulco, Gro. Mex.

¹⁰ Proyecto que tampoco pudo terminarse. Comunicación personal de la encargada del mismo, Dra. Eugenia Olguín.

Nacional del Agua (CNA) y el llevado a cabo por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán con la participación de la Facultad de Economía de la UNAM.

Fruto del primer trabajo fue la publicación del "Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México" (1997) y la elaboración del Programa de Cómputo PigMex (PigMex).

El segundo, "Normatividad ambiental, producción porcícola e incentivos económicos. Un análisis de los factores económicos, ambientales, sociales y legislativos asociados al manejo de los desechos porcícolas en el Estado de Yucatán, México", se llevó a cabo en 1997¹¹.

El estudio del CMP tuvo como base la realización de una encuesta en 231 granjas afiliadas a esa organización con el objeto de sensibilizar al porcicultor acerca de los problemas ambientales y capacitarlo para realizar los trámites administrativos necesarios ante la CNA para regularizar pozos y descarga de aguas residuales.

Con la información obtenida en la encuesta, más la proporcionada por los asistentes a dos cursillos impartidos a porcicultores y personal de granja (médicos veterinarios, biólogos, ingenieros ambientales e ingenieros industriales) y al primer seminario sobre manejo de excretas y aguas residuales realizado en Cocoyoc, Mor., se elaboró el Manual y se diseñó el programa de cómputo PigMex.

El Manual, que incluye los cálculos más importantes del programa de cómputo PigMex pero que va más allá de éste, se orienta fundamentalmente hacia la tecnología de tratamiento norteamericana que se basa en la construcción de lagunas; sugiere este sistema para almacenar y tratar sólidos y líquidos y propone, tal como se hace en las granjas de los EUA y Canadá, el reciclaje del agua residual tratada en riego agrícola.

PigMex proporciona tres alternativas de manejo, demuestra las bondades de cada una de ellas en la remoción de contaminantes y les asigna un costo. Contiene también un análisis de la estructura productiva de la granja y comprueba

que en la gran mayoría de ellas, los incrementos en productividad pueden pagar el costo de tratamiento y que éste representa un porcentaje reducido del costo de producción de un cerdo.

Incluye, además, una vasta información técnica sobre la construcción de la infraestructura propuesta y sobre los niveles de remoción de los diferentes contaminantes que se pueden encontrar en el agua residual y las excretas.¹²

PigMex, inspirado en el modelo norteamericano, tiene entre sus limitaciones que está orientado fundamentalmente a granjas grandes que cuentan con espacio para construir lagunas. Para granjas que no tienen espacio describe, de manera general, las etapas y funciones de un tratamiento terciario, pero no lo costea.

El estudio sobre Yucatán analiza, desde la óptica de la economía ambiental, uno de los problemas más graves y difíciles de resolver, que es el que generan las granjas porcinas en el acuífero de Yucatán, uno de los más vulnerables del país.

El trabajo –que también se basa en una encuesta¹³ y que se desarrolló con propósitos académicos más que de carácter práctico– fue realizado por un equipo interdisciplinario que tuvo la oportunidad de tomar muestras de agua residual y de pozos en forma sistemática. Este estudio que tiene el mérito indiscutible de desbrozar un camino prácticamente virgen y hacer estimaciones económicas sobre el costo de la norma, sienta un importante precedente para trabajos como el presente, que en forma individual aborda el mismo tema en otra importante zona porcícola del país.

Entre la información relevante que aporta ese trabajo se menciona que los costos totales de tratamiento se encuentran entre un 1.6% y un 2.9% de los costos totales de producción; que la inversión inicial en un sistema de tratamiento representa entre un 5.2% (en una granja de mas de 1000 vientres) y un 9.4% (en una granja de menos de 80 vientres), respecto del costo total; que del 36% del

¹¹ Todavía inédito.

¹² El análisis que hace PigMex incluye 57 contaminantes.

¹³ Se analizaron 14 granjas.

agua residual que se descarga sin tratamiento contribuyen por partes iguales las granjas muy pequeñas (30%) y las granjas de mas de 1000 vientres (30%).

Constata que existe una alta variabilidad en la carga contaminante entre granjas y en una misma granja y que también los niveles de contaminación en los pozos varia mucho entre granjas y al interior de ellas.

Además de estos trabajos, se han publicado artículos específicos sobre el empleo de las excretas porcinas en la alimentación animal (Salazar, 1993, Iñiguez, 1989), sobre porcicultura y medio ambiente (Drucker, 1999, Pérez, 1999) y se realizan algunas investigaciones patrocinadas por el CONACYT sobre empleo de maquinaria agrícola en la aplicación de excretas a terrenos agrícolas y utilización de fuentes de alimentos no convencionales (la morera) para reducir contaminantes en las excretas porcinas.

Capítulo 1 La geoeconomía de la porcicultura

- 1.1 A nivel mundial
 - 1.1.1 Dinámica e importancia
 - 1.1.2 Los nuevos tópicos en productividad: trato humanitario, calidad y medio ambiente
- 1.2 En México
 - 1.2.1 Importancia y tendencias
 - 1.2.2 Características: modalidades, niveles de tecnificación, escala de producción, concentración
 - 1.2.3 Modelo de crecimiento y medio ambiente
 - i) La porcicultura y el recurso agua
- 1.3 En el espacio de estudio
 - 1.3.1 Representatividad en relación con el problema ambiental
 - 1.3.2 Representatividad de sistemas productivos

Conclusiones del capítulo

Apéndice estadístico

Anexo: Gráficas

Resumen

En este capítulo se destaca la importancia de la producción de cerdos en los ámbitos mundial, nacional y regional. El cerdo es el cárnico de mayor producción y consumo en el mundo y presenta junto con la carne de ave, las tasas de crecimiento más elevadas a nivel mundial. Varios factores se han conjugado para generar este fenómeno: por el lado de la demanda cambios en los hábitos alimenticios, dinámicos procesos de urbanización, crecimiento de la población y crecimiento del ingreso *per capita*. Por el lado de la oferta, la implantación de un modelo tecnológico altamente eficiente que se cuestiona por su impacto ambiental, el trato poco humanitario a los animales y la seguridad del producto que genera. Se analiza el modelo de crecimiento de la porcicultura en México caracterizado por su negligencia en relación con el impacto ambiental que produce. De los recursos que afecta, el agua merece especial atención en nuestro país por ser un recurso escaso, altamente contaminado y mal distribuido. De las visiones global y nacional se desciende a la local, haciendo una descripción de la actividad porcina en una zona porcícola por excelencia conformada por el municipio de La Piedad en Michoacán y la colonia Santa Ana Pacueco en Guanajuato. Por sus características productivas y por los efectos ambientales que origina, la porcicultura de esta zona es representativa de la mayor parte de la producción porcina en el país.

Capítulo 1 La geoeconomía de la porcicultura

En los sistemas agroalimentarios contemporáneos se ha presentado una clara tendencia hacia el dominio de lo que algunos especialistas denominan el modelo "occidental de alimentación". Este modelo se caracteriza por incluir una ración alimentaria elevada en el plano energético (más de 3,000 kilocalorías por persona por día), por su riqueza en lípidos y proteínas y por la participación equilibrada y diversificada de los diferentes grupos de alimentos.

De las 3,326 kilocalorías disponibles por persona por día que entran en el modelo, los cereales, tubérculos y raíces representan el 28%, los productos de origen animal (carne, vísceras, huevos y productos lácteos) constituyen otro 28% y el grupo compuesto por oleaginosas, aceites vegetales, nueces, frutas y legumbres tienen una ponderación similar. Los glúcidos (azúcar y miel) con un 14%, más las leguminosas y los productos del mar, complementan el modelo. (Padilla, M. y Le Bihan, G., 1997).

**CUADRO 1.1 MODELO AGRONUTRICIONAL OCCIDENTAL
(media 1990-1992)**

Grupos de productos	Kcal/hab/día	% de la ración total
Cereales/raíces/tubérculos	927	28
Azúcar y miel	476	14
Frutas y legumbres	210	6
Leguminosas	33	1
Carne, vísceras huevos	586	18
Pescado y productos del mar	38	1
Leche y productos lácteos	335	10
Nueces, oleaginosas, aceite vegetal, grasa animal	721	22
Total	3326	100

Fuente: "Pour une étude pluridisciplinaire de la consommation alimentaire", Economies et Sociétés. Développement Agro-Alimentaire. (p. 15)

Más allá de la racionalidad económica o nutricional de este patrón alimentario y del hecho de que sólo un 15% de la población mundial lo puede poner en práctica, existe la evidencia de su imitación a nivel mundial, en detrimento de las prácticas alimentarias tradicionales mixtas –en las que hay predominio de cereales/raíces más algunos productos de origen animal (casos de

Mongolia, Uruguay) o de peces (Japón, Corea, Filipinas) – y tradicionales agrícolas, en las que los cereales y leguminosas, más otro rubro que en el caso de México y otros países de América Latina es el azúcar, constituyen más del 85% de la ingesta calórica. (Padilla, M. y Le Bihan, G., 1997)

Desde la década de los setenta, diferentes estudios sobre distribución del ingreso y consumo en países en desarrollo, entre ellos México (Lustig, 1981), han demostrado que a un aumento en el nivel de vida corresponde un incremento en la ración de alimentos expresada en kilocalorías y que además, hay una sustitución de calorías vegetales por calorías animales; esto es, los productos de origen animal tienen una alta elasticidad ingreso.

El despunte de la demanda por productos pecuarios a nivel mundial data de fines de los sesenta y principios de los setenta, período en el que tiene lugar una expansión notable de la producción y comercio de los diferentes tipos de carnes (proceso descrito como “ganaderización” del sector agrícola) y de los insumos agrícolas requeridos para su producción, algunos cereales (maíz, sorgo y cebada, principalmente), semillas y pastas oleaginosas (de soya, canola, harinolina) y otros productos, forrajes y tubérculos entre los que destacan la alfalfa y la tapioca.

En el transcurso de una década, la producción mundial de carnes aumentó de 174 millones de toneladas como promedio de los años 1989/90, a 228 en 1999, esto es, a una tasa media anual de crecimiento de 2.6%. (Cuadros 1 y 2 del Apéndice estadístico). Este crecimiento fue mucho más rápido en los países en desarrollo, donde la tasa media fue de 5.5%, en tanto que en los países desarrollados, la producción permaneció prácticamente sin cambio.

Los sectores pecuarios más dinámicos son la avicultura que crece a una tasa media de 7.3% de 1989 a 1999 y la porcicultura cuya tasa es 5.2%. En este último año, los países en desarrollo producen más carne de cerdo y de ave que los países desarrollados y, poco más de la mitad de la producción total de carnes tiene su origen en el mundo en desarrollo.

Sin embargo, a pesar del impresionante incremento en la producción de carne, el consumo de carne en los países en desarrollo –26 kilogramos per

capita/año— es tres veces más bajo que el de países de la Unión Europea y cuatro veces menor en los países de bajos ingresos. (Cuadro 3 del Apéndice estadístico)

No todo el mundo en desarrollo tomó parte del dinamismo en el consumo de carnes; éste se dio fundamentalmente en un pequeño puñado de países del sureste asiático (Taiwan, Hong Kong, Malasia y Singapur) y del mundo árabe (Emiratos Árabes Unidos y Kuwait). En estos países, los niveles de consumo de carnes ya es similar al de los países industrializados, mientras que en el resto del mundo en desarrollo el consumo per capita de productos pecuarios continua por debajo del que tenían los países de altos ingresos hace veinte años.

En cuanto al comercio internacional de productos pecuarios, los lácteos ocupan el primer lugar seguido del intercambio de cárnicos. Éste último está altamente concentrado y sólo un pequeño grupo de países entre los que se encuentran Dinamarca, Holanda y Bélgica en la Unión Europea y Canadá, China y los EUA responden por la mayor parte de este comercio.

De manera mayoritaria, el comercio de cárnicos es de productos congelados y cortes especializados y, destacan en el mismo, los flujos de carne de ovino de Oceanía (Australia y Nueva Zelanda) hacia los países de medio oriente y de carne de cerdo de la Unión Europea hacia Japón. Un fenómeno interesante en el comercio de animales en pie, es la exportación de becerros de México hacia los EUA.

El intercambio internacional de cárnicos está acotado por la alta perecibilidad del producto, por la existencia de barreras sanitarias que impiden el comercio entre países que han erradicado cierto tipo de enfermedades (fiebre aftosa y peste porcina africana entre ellas) y países que aún conviven con ellas, por el resurgimiento de enfermedades (fiebre porcina clásica en Holanda y España) que ya habían sido erradicadas y por la emergencia de nuevas zoonosis, como es el caso de la encefalopatía espongiforme bovina (EEB)¹⁴.

¹⁴ Mejor conocida como enfermedad de las “vacas locas”.

En la segunda mitad de los ochenta se presentan una serie de cambios en las tendencias predominantes de la producción, comercio y consumo de productos de origen animal (Pérez, 1996). Entre estos cambios destacan:

- 1) La sustitución, por razones tecnológicas, de espacio y de salud, de carnes "rojas" provenientes de ganaderías pastoriles, bovinos, ovino-caprinos y camélidos, por carnes de ganaderías intensivas como son aves y cerdos. Consideras carnes "blancas" con menores riesgos para la salud. (Cuadros 4 y 5 del Apéndice estadístico). Este fenómeno se presenta con mayor intensidad en los países desarrollados que en los países en vías de desarrollo.
- 2) Un incremento generalizado en la demanda de carne de ave y de cerdo en los países en desarrollo, especialmente en algunos países asiáticos (China, Taiwan, Malasia, Hong Kong)
- 3) La reducción en el consumo de carnes, salvo de aves, en los países desarrollados durante la década de los noventa (Cuadro 6 del Apéndice estadístico)

Los pronósticos de la FAO para el año 2010¹⁵ prevén que el cambio estructural en el consumo alimentario de los países en vías de desarrollo hacia un mayor consumo de productos pecuarios, continuará en la misma dirección y serán los sistemas pecuarios intensivos, aves y cerdos¹⁶, los que representarán el eje del dinamismo de la agricultura a nivel mundial.

Estas tendencias en la producción y el consumo de productos pecuarios, sumadas a las presiones competitivas generadas por el proceso de globalización, conducen a que los recursos naturales en estos países estén sometidos a mayores presiones, agravando esta situación la laxitud de las regulaciones ambientales y su difícil vigilancia.

¹⁵Agriculture: Towards 2010. World Food and Agriculture: A 20-Year Perspective. FAO, Rome, 6-25 November 1993

¹⁶ La presencia de la EEB ha motivado una sustitución de carne de bovino por carne de cerdo y ave en la mayor parte de los países europeos.

Por su peso absoluto y por la importancia de sus tendencias, en las siguientes páginas se abordará el análisis de la ganadería porcina en tres niveles espaciales, mundial, nacional y regional. Se mencionarán las características medulares de la actividad, las razones de su dinamismo y algunos temas recientes sobre los que existe un gran debate, como el bienestar de los animales y el problema ambiental.

1.1 A nivel mundial

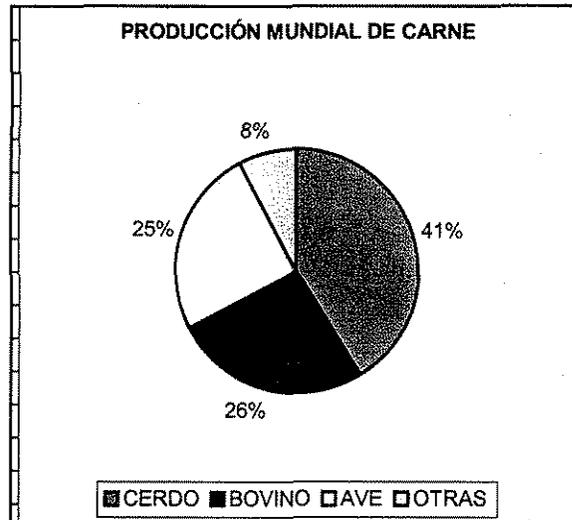
1.1.1 Dinámica e importancia

Un dato que no deja de causar sorpresa es que la carne de cerdo, a pesar de las prohibiciones religiosas que impiden su consumo a millones de habitantes, es el cárnico que más se produce –88 millones de toneladas en 1999– y más se consume en todo el mundo, representando, de manera estable en la última década, casi el 40% de la producción mundial. (Cuadro 5 del Anexo Estadístico 1, Gráfica 1).

China sola posee casi la mitad de los cerdos que hay en el planeta y produce el 46% del total mundial. En once países más, se concentra un 33% de la producción de carne de cerdo. México tiene una piara que lo ubica en el onceavo lugar a nivel mundial, pero por su bajo nivel promedio de tecnificación ocupa el lugar dieciocho en cuanto a producción de carne. (Cuadros 7 y 8 del Apéndice Estadístico 1)

GRÁFICA 1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Porque los cerdos requieren en forma directa poco espacio para su crecimiento, la producción porcina ha estado asociada históricamente a conglomerados humanos densamente poblados. De allí que Asia y Europa concentren aproximadamente el 71% del inventario porcino mundial y una cifra similar de producción de carne. (Cuadro 9 del Apéndice estadístico)

No sólo inventario, producción y consumo están sumamente concentrados en pocos países, también el comercio internacional está en pocas manos. En 1999, diez países realizaron el 80% de las casi siete millones de toneladas exportadas y once, entre ellos México, el 80% de la importación. (Cuadros 10 y 11 del Apéndice estadístico)

Por otra parte, a los cerdos su calidad de omnívoros les permite transformar los desechos alimenticios que el hombre desperdicia, pero también consumir productos básicos para el ser humano, como son el maíz en los países de América Latina y el sorgo en África.

En la medida en que algunos países han logrado ser excedentarios en la producción de cereales y oleaginosas, porque cuentan con condiciones agrológicas propicias y con subsidios generosos para su producción, los sistemas

de alimentación para cerdos -y también para aves- se han cimentado en el binomio grano-soya, que es el modelo impuesto a nivel mundial, aun en los áreas que carecen de estas ventajas.

Pero lo que en países desarrollados es un producto de consumo generalizado entre la población, en los países en vías de desarrollo es un alimento accesible sólo para los estratos de altos ingresos. La pregunta que desde hace más de dos décadas se ha planteado es ¿por qué dedicar vastas superficies agrícolas a insumos "forrajeros"¹⁷ cuando la mayor parte de la población no tiene acceso a los productos que de allí se obtienen?

Son los grupos hegemónicos con acceso a la tierra, y las condiciones específicas del mercado, los que determinan la orientación de su uso, definiendo el resultado de algo que se ha planteado como una competencia entre el hombre y el animal¹⁸ por el uso de los recursos, y que se evidencia con mayor claridad en el caso de la ganadería de bovinos.

La porcicultura moderna se caracteriza por un elevado control, sistematización y automatización de los procesos productivos fundamentales y por el impulso que se ha dado a la aplicación de la ingeniería genética al alimento, insumo crítico en la producción de cerdos¹⁹. En los últimos años, el maíz y el sorgo han sido objeto de manipulación genética con el objeto de obtener las características nutricionales precisas para cada etapa de crecimiento y para cada sexo²⁰ y de esta manera reducir el costo de producción.

En cuestiones de genética, la orientación es hacia esquemas de cruzamiento que optimizan las aptitudes específicas de cada raza, las reproductivas y de crecimiento como la Large White, Landrace y Duroc,

¹⁷ Entrecorillado porque en realidad se hace referencia a diversos productos: granos, granos forrajeros, oleaginosas, tubérculos, forrajes frescos, etc.

¹⁸ El planteamiento más conocido al respecto fue elaborado por el Dr. Ernest Feder a fines de los años setenta (Feder, 1979)

¹⁹ Es crítico porque representa entre el 65 y 75% del costo total de producción de un cerdo.

²⁰ World Pork Symposium, Indianapolis, In. Junio 1997

destinadas a la producción de hembras híbridas, y las de eficiencia alimentaria y calidad de canales como la Pietrain y Landrace Belga²¹.

En porcicultura, como en otras especies ganaderas, la base de la pirámide genética a partir de la cual se realizan los cruzamientos es cada vez más estrecha, dando lugar a un peligroso proceso conocido como "erosión genética" de la diversidad animal (Drucker, A. *et al*, 2001)

Los sistemas de reproducción tienen como finalidad la obtención de camadas numerosas, la reducción de estros y destetes precoces. Las medidas sanitarias se proponen la reducción de la mortalidad en las primeras etapas y el combate y control de enfermedades en condiciones de altas densidades animales,

El resultado del avance tecnológico es una elevación de la productividad que ha permitido incrementar las tasas extracción²² a 170% en EUA y poco menos en la Unión Europea y Canadá (FAO, 1998), en tanto que el número de kilos de carne producidos por vientre al año pasó de alrededor de 1,550 kg a principios de los setenta a más de 2,600 kg en 1998²³.

Las características de la industria porcina moderna a nivel mundial se pueden resumir en los siguientes puntos:

- concentración de la actividad en cada vez menos y más grandes operaciones porcinas
- movilidad geográfica
- disminución del número de criadores de cerdos²⁴
- predominio de un pequeño número de razas
- mayor atención al problema ambiental y al bienestar de los animales
- globalización de la industria: los mercados y algunas etapas productivas se localizan fuera de los países hegemónicos en porcicultura

²¹ Caracterizadas por ser no exudativas, bajas en grasa y libres de olores, esto es ausencia de androstenona y escatol: Curso Internacional "Clasificación de canales de cerdo." Cámara Costarricense de Porcicultores, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Aprendizaje, Instituto de Recerca y Tecnología Agroalimentaria. San José de Costa Rica. Abril, 1997

²² Relación porcentual entre inventario y sacrificio. Parámetro que condensa un conjunto de elementos productivos.

²³ World Pork Symposium, Indiannapolis, In. Junio 1997

- mayor eficiencia en el manejo que reduce el costo de alimentación a un 65% del costo total
- prioridad a la seguridad (inocuidad) y calidad de la carne
- integración vertical en insumos, genética, producción, rastros e industria

1.1.2 Los nuevos tópicos en productividad: trato humanitario, calidad y medio ambiente

En los últimos años, varios países de la UE han endurecido sus regulaciones sobre el bienestar de los animales como resultado de los avances de la investigación sobre el comportamiento animal y de la preocupación del público en general, acerca del trato a los animales. Con el objetivo de hacer conciencia en la población sobre la necesidad de brindar una mayor protección a los animales durante el período de cría y engorda, así como en el transporte y tratamiento antes del sacrificio, se han publicado numerosos artículos periodísticos y se han realizado frecuentes manifestaciones públicas.

Las regulaciones en marcha y las nuevas regulaciones por cumplir²⁵ contemplan un mínimo de requerimientos en el alojamiento (prohibición de pisos ranurados de concreto en el área de maternidad, abertura máxima de las ranuras donde el *slat* se permita, empleo de paja o aserrín, área mínima de piso por tipo de animal, etc.) y en el manejo: destete no menor a tres semanas, prohibición de castrar sin anestesia a lechones de más de cuatro semanas, descolado y descolmillado sólo bajo ciertas circunstancias y no como rutina, prohibición del atado, acceso a forraje, etc. (Ministerio de Agricultura de los Países Bajos, 1999)

En la década pasad, la UE ha emitido diferentes normativas para regular algunos aspectos de la cría, transporte y sacrificio de animales para abasto, con la finalidad de evitarles sufrimientos innecesarios. Asimismo, se ha impulsado la

²⁴ En los EUA el número de productores se ha reducido un 70% en los últimos diez años (Robinson, A., 1993)

²⁵ Directiva 91/630/CEE y nueva regulación holandesa que da como plazo el 1º de enero de 2008.

investigación sobre los parámetros bioquímicos que indican los niveles del estrés y sus causas, algunas de ellas de origen genético²⁶.

El interés en el bienestar de los cerdos durante el transporte y antes del sacrificio no sólo responde a razones humanitarias sino que está estrechamente ligado a la calidad de la carne y por tanto a su precio; el trato humanitario a los animales, especialmente en el caso de los cerdos, responde a argumentos que en buena medida son de carácter comercial.

Con el objeto de atender a un mercado cada vez más exigente en cuanto al contenido de grasa en la carne de cerdo, la Organización Común del Mercado de Carne Porcina de la Comisión Europea trabajó durante varios años en diversos esquemas para clasificar las canales, hasta llegar al actual Sistema de Clasificación de Canales de la UE.

La necesidad de aplicar métodos de descripción de las canales porcinas nace del interés de los exportadores de carne a nivel intercontinental y es Dinamarca, a principios del siglo XX, la pionera en esta actividad.

En mercados altamente evolucionados como el europeo o los de EUA y Canadá, los sistemas de clasificación de canales de cerdo son indispensables en la formación del precio de la carne, facilitan las operaciones de compra-venta, promueven el mejoramiento genético y retribuyen al porcicultor el esfuerzo que ha dirigido en este sentido.

El porcentaje de carne magra de la canal (entre 45 y 60% del peso vivo), es el criterio de clasificación utilizado para el pago en el comercio intracomunitario de canales de cerdo.

En nuestro país, existe una Norma Mexicana para la Clasificación de Canales Porcinas desde 1993; sin embargo, su aplicación es voluntaria, tal como lo establece la Ley Federal de Metrología y Normalización para toda norma mexicana de calidad. Si bien esta norma no se utiliza en el comercio a nivel

²⁶ Presencia del gen recesivo conocido como gen del halotano, particularmente en razas mejoradas para la obtención de un mayor desarrollo muscular, como la Pietrain y Landrace Belga.

nacional porque una buena parte de éste se lleva a cabo con animales vivos, se aplica a nivel regional para el pago diferenciado de canales de cerdo.²⁷

Cualquier esfuerzo encaminado a mejorar la calidad de la carne puede quedar anulado si las condiciones de transporte y las previas al sacrificio no son adecuadas. La mortalidad durante el transporte (síndrome del estrés porcino) y en los corrales de espera de los rastros, son el indicador más claro de una falta de bienestar que se traduce en pérdidas económicas por defunciones y por una baja calidad de la carne.

En Alemania y Bélgica, donde la población porcina es genéticamente más sensible al estrés, la tasa de mortalidad en el transporte que es de 0.5% y 0.3% respectivamente, se considera elevada para los estándares europeos. En cambio, en Dinamarca, donde se ha trabajado arduamente para eliminar el gen de sensibilidad al estrés, la tasa de mortalidad en el transporte descendió de 0.1% en 1974 a 0.03% en 1993

Para disminuir el estrés en el transporte, se sugiere que los camiones tengan un diseño que permita formar grupos de 6 a 8 animales, que se disponga de superficies de más de 0.35 m² por animal –aunque lo más utilizado es de 0.40 a 0.55 m² por animal– que estén ventilados y provistos con rociadores de agua como refrigerante para evitar el estrés térmico²⁸.

En México, el transporte de animales está reglamentado y pero no existe información documentada sobre la tasa de mortalidad durante el transporte; la costumbre es que el transportista asuma los costos de los decesos y, como la vigilancia en el transporte de animales es mínima, suele suceder que los animales muertos en el trayecto al rastro sean eviscerados y desangrados *in situ* y las canales comercializadas en mercados “alternos”.

²⁷ En Hermosillo, Son. y en Mérida, Yuc. se paga a los porcuicultores con base en el contenido de grasa dorsal medido con la sonda óptica (Fat-O-Meter) cuya ecuación fue normalizada para las canales de la región.

²⁸ Curso Internacional “Clasificación de canales de cerdo.”

Para evitar este tipo de problema que afectan la salud pública y pone en riesgo las campañas de sanidad animal, se ha empezado a trabajar en la elaboración de una norma sobre disposición de cadáveres.²⁹

En los últimos años, los aspectos ambientales se han estado incorporando como un elemento más en la producción y productividad porcina, tanto en Europa como en los EUA y Canadá. En estas regiones y países, investigadores, funcionarios públicos y productores trabajan activa y coordinadamente en cuatro importantes áreas relacionadas con el medio ambiente: investigación, educación, política pública y asesoría³⁰.

Se lleva a cabo investigación básica sobre reciclaje de nutrientes y olores, aplicada en granjas comerciales y experimentales; se realizan talleres y cursos de capacitación para productores; se publican manuales y diversos tipos de guías³¹ para el porcicultor; se elaboran normas y regulaciones que hagan compatible la preservación de medio ambiente con una actividad agrícola y pecuaria altamente competitiva y se cuenta con centros de asesoría para aspectos legales relacionados con el medio ambiente³².

Los porcicultores europeos, canadienses y norteamericanos cuentan con una abundante literatura sobre el tema ambiental, producto de la colaboración conjunta de sus organizaciones gremiales con las agencias gubernamentales de medio ambiente y con los sectores académicos³³.

A nivel mundial se reconoce que los problemas más severos que provoca la porcicultura en el medio ambiente son:

- contaminación del agua superficial y del subsuelo por el nitrógeno y fósforo contenido en las excretas

²⁹ Sobre transporte de animales existe la norma NOM-024-ZOO-1995.

³⁰ Ver IX RAMIRAN Workshop y Wageningen, Livestock and Environment Course, World Pork Expo 1995.

³¹ La *National Pork Producers Council* (NPPC) elaboró la *Environmental Guide for Pork Producers* que fue enviada a 150,000 porcicultores y destinó a temas ambientales un cuarto de millón de dólares de 1991 a 1993 y (Tank, A., 1998)

³² Centro Legal para la Agricultura de la Universidad de Drake, en Des Moines, Iowa (Tank, A., 1998) .

³³ En las páginas *Web* estos países, se puede encontrar información sobre regulaciones, tratamientos y costos ambientales en porcicultura.

- deterioro de la calidad del aire por la generación de gases tóxicos, principalmente dióxido de carbono, (CO_2), amoníaco (NH_3), ácido sulfhídrico (H_2S) y metano (CH_4), principalmente, que afectan a los trabajadores de la granja, a las poblaciones vecinas y a los propios cerdos. (Robinson, 1993)
- contaminación por metales pesados, mayormente cobre y zinc³⁴, que el cerdo sólo absorbe en un 5 y 15%, excretando el resto. (Scialabba, N., 1994)
- contaminación microbiológica en la aplicación de excretas a terrenos agrícolas y
- pérdida de biodiversidad por erosión genética (Drucker, A. *et al*, 2001 y Udo, H. 2000)

A grandes rasgos, las técnicas y estrategias que se han propuesto para reducir los impactos de la producción porcina en el medio ambiente se pueden clasificar cinco grupos:

- 1) en alimentación: reducir excreciones de nutrientes, metano y polvo suministrando dietas mixtas, diferenciando dietas por peso y sexo, agregando enzimas que incrementan la digestibilidad de los hidratos de carbono, proteínas y fósforo y reduciendo el número de animales mediante una mejor eficiencia productiva
- 2) en instalaciones: mejorando el tipo de suelo y las formas de limpieza en la granja; instalando sistemas de ventilación (filtros y depuradores biológicos que absorben olores); eficientando bebederos y comederos
- 3) en almacenamiento y tratamiento de excretas: tratamientos a largo o mediano plazo, aerobios o anaerobios, dentro o fuera de las naves; empleo de electrólisis

³⁴ Cobre y zinc aparecen como metales pesados (elementos d) de la Tabla Periódica, el primero en el Grupo IB y el segundo en el IIB.

- 4) en reciclaje: uso científico en la agricultura vigilando las tasas de aplicación en función del suelo, cultivo y características de los residuos; empleando técnicas y maquinaria adecuadas (inyección o aplicación rápida) y
- 5) en investigación: promoviendo la investigación experimental en alimentación, sistemas de tratamiento, aplicación a la agricultura y en la producción de combustibles

Un elemento adicional en las preocupaciones ambientales que a diferencia de los anteriores no se reconoce tan fácilmente, es la declinación de la biodiversidad en la medida en que la base genética de la porcicultura se constriñe cada vez más debido a las presiones del mercado. (Drucker, A. *et al*, 2001 y Udo, H. 2000)

1.2 En México

1.2.1 Importancia y tendencias

La porcicultura fue durante los diez años que van de 1975 a 1985, el sistema ganadero de crecimiento más rápido y el más importante por su aportación a la producción de carnes. Durante la década de los sesenta y la mitad de los setenta, la carne de cerdo presentó una alta elasticidad ingreso y, fue, según las encuestas de ingreso gasto de 1963 y 1967, el cárnico de mayor consumo en los estratos de la población de menores ingresos.

En esa década los avances a nivel mundial en genética, sanidad, manejo y alimentación permitieron un descenso en el precio relativo de la carne de cerdo, convirtiéndola a partir de entonces en el cárnico de mayor consumo en el planeta.

Durante el período de expansión de la porcicultura, el inventario porcino aumentó de 10 millones de cabezas en 1972 a 19.3 en 1983 y la producción de carne de cerdo se incrementó a una tasa media anual de 9% pasando de 573 mil toneladas en 1972 a 1.4 millones en 1983. En ese lapso el consumo per capita se elevó de 11 kg/año a 19.6 kg/año. (Pérez, R., 1993)

Los factores que sustentaron este dinamismo fueron un mercado interno en expansión (el "milagro mexicano" con tasas de crecimiento de 8% en los sesenta y

poco menores a principios de los setenta), un rápido proceso de urbanización que provocó cambios sustanciales en los hábitos de consumo, una economía de subsidio (en este caso al sorgo que en México es el principal componente de la dieta de los cerdos) y un mercado protegido con elevados aranceles y permisos de importación.

El extraordinario crecimiento de la porcicultura en su fase expansiva se llevó a cabo sin considerar, en ningún momento, los problemas ambientales que creaba, no obstante que desde 1973 existía un reglamento que establecía límites máximos permisibles para cinco parámetros en las descargas de aguas residuales.

La crisis de los ochenta, la llamada "década perdida" y los programas de ajuste aplicados modificaron ese panorama: el mercado interno se estancó, se eliminó la mayor parte de los subsidios, entre ellos al sorgo y se dio inicio a un proceso de apertura comercial que empieza con la adhesión de México al GATT en 1986 y culmina, en la primera mitad de los noventa, con la firma de varios acuerdos comerciales con diferentes países, entre los que destaca el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) con EUA y Canadá.

En 1984 la porcicultura entra en crisis: el inventario porcino se reduce en forma sistemática hasta 1995, la producción de carne disminuye 50% de 1984 a 1989 y el consumo per capita se contrae a la mitad, de 20 kg/año en 1983 a 9.1 kg/año en 1989. (Cuadros del 12 al 14 del Apéndice estadístico)

A partir de 1991 la producción muestra un repunte y en la actualidad, la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos, el inventario porcino es de 10.7 millones de cabezas, la producción de carne de cerdo es de 989.6 mil toneladas, 32% menos que en 1984. El consumo per capita es de alrededor de 10.2 kg/año. (Gráficas 1, 2, 3, y 4 del Anexo)

La participación de la porcicultura en el Producto Interno Bruto es reducida, alrededor del 0.3%, sin embargo, su relevancia reside en proporcionar un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la

población³⁵, en que impone un uso específico a vastas superficies agrícolas y en que da lugar a una amplia y compleja cadena productiva que incluye la producción de granos forrajeros y oleaginosas, la elaboración de alimentos balanceados, fármacos, biológicos veterinarios y la operación de establecimientos de sacrificio, despiezado y de industrialización de la carne. (Gráficas 5, 6, 7 y 8 del Anexo)

Organizaciones privadas de poricultores (CMP y Comisión Nacional de Porcicultura (CONAPOR), estiman que la porcicultura genera 56,000 empleos directos y 280,000 indirectos.

No obstante el significativo desarrollo alcanzado por la porcicultura mexicana en los últimos 20 años, sus características fundamentales siguen siendo:

- una enorme heterogeneidad productiva
- su dependencia del exterior en la obtención insumos fundamentales como alimentos (entre un 30 y 40% del sorgo y más del 80% de la soya son de importación), pie de cría y en menor medida, maquinaria y equipo³⁶ y
- la falta de "internalización" de sus costos ambientales

Por otra parte, no se ha juzgado necesario diseñar una política para el sector que persiga recuperar el nivel que tenía a principios de los años ochenta. Los recursos que se le destinan, reducidos en comparación con los canalizados a otras ganaderías³⁷ se han orientado a apoyar a los grandes productores, particularmente en el sureste del país.

1.2.2 Características: modalidades, niveles de tecnificación, escala de producción, concentración

En general, la estadística oficial sobre el sector pecuario es sumamente limitada; sobre porcicultura genera sólo dos datos, la producción de carne de cerdo,

³⁵ En México, las distintas piezas que conforman la canal porcina tienen mercados diferenciados según estratos de ingreso.

³⁶ Importantes países productores de cerdo, como Dinamarca y Holanda importan prácticamente todos los insumos alimenticios, pero son exportadores no sólo de carne de cerdo, sino de genética, maquinaria y equipo para granjas.

información mensual a nivel estatal y el inventario porcino, dato agregado a nivel nacional que se publica con un rezago de dos años.

Tampoco las organizaciones de poricultores proporcionan información estadística acerca de sus asociados, de tal manera que las cifras sobre número de vientres, escala de la producción, estructura de la piara y niveles de tecnificación tienen que inferirse a partir de la información censal³⁸ o bien, de estudios específicos sobre el sector.

De acuerdo con el Censo Agropecuario de 1991, en ese año se registraron 1.3 millones de unidades de producción rural donde había 8.2 millones de cerdos. Pero el censo también detectó 2.0 millones de cabezas en 216 unidades urbanas de las cuales sólo el 9% eran granjas especializadas y el resto porcicultura de traspatio.

El 55% de las existencias³⁹ estaban en manos de ejidatarios o asociaciones mixtas que representaban el 75% de las unidades de producción. La propiedad privada aglutinaba el 45% del inventario y representaba el 25% de las unidades de producción. Pero en la cúspide de la pirámide, 525 granjas del sector privado con más de 1,000 cabezas, concentraban el 24% del inventario total.⁴⁰

A partir de las cifras censales y con información proporcionada por las organizaciones de poricultores, se estima que un 70% de las unidades privadas son de ciclo completo; el resto son granjas de engorda, lechonerías en menor medida y un número muy pequeño de granjas produce pie de cría.

En los noventa se introducen los sistemas de tres sitios⁴¹ y en 1992, a partir de los cambios al Artículo 27 Constitucional, empiezan a surgir figuras asociativas entre empresarios privados y ejidatarios en la modalidad de aparcerías⁴².

³⁷ Ver la parte correspondiente a Alianza para el Campo en los Informes de Labores de la SAGAR

³⁸ Último censo :1991 con información de 1990

³⁹ El censo sólo caracteriza a las unidades rurales por lo que las cifras que se dan a continuación se refieren a los 8.2 millones de existencias en estas unidades.

⁴⁰ Una amplia crítica de los datos censales se encuentra en "La porcicultura de México en cifras", R. Pérez, *Desarrollo Porcícola*, Ago. 1993, Consejo Mexicano de Porcicultura.

⁴¹ Con las etapas de pie de cría, destete y engorda localizadas en unidades independientes por razones sanitarias.

⁴² Este tipo de asociación ha sido particularmente exitoso en Yucatán.

Las organizaciones de poricultores y la ex SAGAR estiman que en la actualidad el sector tecnificado abarca al 46% de la piara, el semitecnificado al 20% y el de traspatio al 34%⁴³. Se estima que el sector tecnificado responde por el 55% de la producción de carne de cerdo, el semitecnificado por el 20% y el resto, que prácticamente no ingresa a los circuitos de comercialización regional y nacional, se genera en el sector de economía campesina diversificada, al cual se le conoce como "traspatio".

Como sucede en otras ramas de la actividad económica, en la porcicultura las crisis han provocado una fuerte concentración de la producción y a partir de 1990 empiezan a aparecer empresas con más de 25 mil vientres, a las cuales se les exige para entrar en operación, un estudio preventivo de impacto ambiental.

Tener una estimación del nivel de concentración de la producción es difícil porque la información censal, al tomar como punto de partida la unidad de producción, clasifica como poricultores a simples tenedores de cerdos, 1 millón de pequeñas unidades que poseen menos de cinco cabezas y que en conjunto aglutinan el 29% de la piara, y a empresas especializadas con más de 1000 cabezas que representan sólo el 0.03% de las unidades y detentan el 24% de la piara (Pérez, R. 1993)

En regiones donde la concentración de unidades pequeñas es muy alta, éstas contaminan el agua tanto como las grandes, pero además, generan problemas de salud pública por sus condiciones antihigiénicas y precarias –carencia de agua potable, de drenaje, letrinas mal diseñadas, etc.– y por la presencia de cerdos no confinados.⁴⁴

Si consideramos la información de los organismos de poricultores, en 1997 existirían aproximadamente 900 granjas con más de 500 cabezas de ganado porcino que detentaban alrededor de 8 millones de cerdos⁴⁵. Se desconoce

⁴³ Se considera tecnificada la granja que envía al mercado entre 18 y 22 cerdos por vientre al año; la semitecnificada envía entre 14 y 17 cerdos por vientre.

⁴⁴ Es fácil sugerir que se confine a los animales, pero esto representa una carga de trabajo adicional (llevar el alimento al animal en lugar de que éste lo busque), que en algunos lugares no es posible asumir.

⁴⁵ Información obtenida en el Consejo Mexicano de Porcicultura.

cuántas granjas más de este nivel estarían fuera de las organizaciones, sin embargo, para fines de prioridades ambientales, la "población objetivo" serían estas 900 granjas que concentran casi el 70% de la piara.

1.2.3 Modelo de crecimiento y medio ambiente

La producción porcina, como cualquier otra, requiere de insumos que proporciona la naturaleza y genera, además de productos de valor económico que son apropiados en forma privada, una serie de residuos que si no son asimilados por la misma naturaleza, se comparten con la sociedad aunque ésta no lo desee.

La determinación del impacto ambiental de los desechos porcinos incluye, además de los efectos directos de los desechos sobre los recursos agua, suelo y aire, factores de perturbación como olores y plagas de insectos, además de efectos indirectos sociales, políticos e incluso estéticos que son imposibles de cuantificar.

La mezcla de residuos sólidos y líquidos que son acarreados por el agua de lavado se conoce como agua residual ("residuales", en varios países); sus principales ingredientes son las excretas (heces y orina), agua, alimento desperdiciado, cama, suelo y otras partículas.

Las tasas de excreción de heces y orina (HyO) dependen de múltiples factores: la edad del animal, sexo, madurez fisiológica, cantidad y calidad del alimento ingerido, volumen del agua consumida, clima y otros factores menos importantes.

De estudios estadísticamente significativos realizados sobre este tema en otros países⁴⁶, se sabe que la orina representa el 45% y las heces el 55%; el contenido de humedad de la excreta es de 88%; cerca del 90% de los sólidos se excretan en las heces y un 10% en la orina como minerales, potasio, fósforo y amoniaco-nitrógeno (Taiganides, E. *et al*, 1996)

⁴⁶ EUA, Malasia, Singapur, Chile. Ver "Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México", (p. 44)

Los lechones, destetes y hembras lactantes excretan cerca del 8% de su peso vivo por día; los cerdos en crecimiento y finalización excretan cerca del 7% de su peso vivo; sementales y hembras gestantes y secas, animales que tienen un acceso limitado al alimento, excretan cerca del 3% de su peso vivo.

La información sobre la tasa de excreción de los cerdos sólo es confiable cuando se han obtenido numerosas muestras. En México, este tipo de muestreo exhaustivo nunca se ha realizado; por lo tanto, para los cálculos de ingeniería utilizados para el diseño de sistemas de tratamiento, se emplea un promedio de varias fuentes que es de 6.17 kg de HyO por día por unidad de producción animal (6.17/100 kg. de peso vivo).

Este promedio es igual al 6.71% del peso vivo total en la granja, dato fundamental para el cálculo de la cantidad de excretas a tratar y el subsecuente diseño de ingeniería.

Las características más importantes de las excretas porcinas están relacionadas con los siguientes aspectos : parámetros físico-químicos, contenido de nutrientes de fertilización, micronutrientes y metales, valor alimenticio y cuentas bacterianas

Los problemas ambientales que ocasiona la porcicultura en México están estrechamente ligados al modelo de crecimiento seguido en esta actividad, en el que destacan los siguientes aspectos :

- Desarrollo de una actividad especializada sin vinculación con la agricultura, La porcicultura moderna en México adoptó el modelo tecnológico norteamericano en los aspectos de reproducción, genética y alimentación, pero difiere en el manejo. En los EUA, la mayor parte de las granjas porcinas están integradas a la explotación agrícola para que los cerdos se encarguen de transformar los granos excedentes agregándoles valor y sus residuos se reciclen como abono para los cultivos. En México, la porcicultura está separada de la agricultura, tanto en el uso de los insumos como en el aprovechamiento de los residuos, aun en zonas eminentemente agrícolas como los distritos de riego del noroeste y en menor medida en el Bajío,

- Concentración de la pira en un número cada vez menor de grandes unidades, La tendencia al gigantismo se presenta en esta actividad como en muchas otras. El inventario porcino se concentra en un número reducido de unidades, provocando serios problemas en el manejo de los residuos. En algunos países la producción de cerdos está limitada por la cantidad de superficie agrícola necesaria para la aplicación de los residuos. En México, no se correlaciona el terreno disponible para el tratamiento de los desechos con el tamaño de la granja,
- Falta de disponibilidad de terrenos agrícolas
Gran parte de la porcicultura tradicional e incluso algunas granjas modernas, no sólo no cuentan con el espacio necesario para el reciclaje de los residuos en terrenos agrícolas, sino que tampoco tienen espacio para establecer un sistemas de tratamiento,
- Porcicultura periurbana
Muchas granjas, particularmente en el centro del país y en la península de Yucatán, han sido invadidas por el crecimiento de las ciudades dando lugar al surgimiento de una porcicultura periurbana de alto riesgo sanitario y ambiental. No existe, por otra parte, un programa de relocalización de granjas que pueda aliviar este problema,
- Sistema de alimentación.
El sistema prevaleciente en la porcicultura mexicana está basado en el binomio grano-soya, sistema que se caracteriza por la inclusión de un elevado contenido de proteína que el aparato digestivo del cerdo asimila parcialmente⁴⁷. En consecuencia, una gran parte de los insumos que se emplean en la alimentación no salen de la granja en forma de carne, sino que permanecen en ella para ser tratados como desechos.
- Carencias profesionales

⁴⁷ Aunque su capacidad de asimilación es mayor a la de otras especies, existe un problema de metabolización (Cuarón, J., 1992)

Existe una gran escasez de personal técnico y profesional especializado en el manejo de los residuos de las granjas porcinas. El conocimiento técnico existe a nivel mundial aunque para climas y circunstancias sociales y culturales diferentes. En nuestro país se tiene parcialmente, pero su aplicación es mínima, lo que hace especialmente difícil resolver el problema.

A ese modelo de crecimiento pernicioso para el ambiente se suman aspectos inherentes a la conducta humana como son:

- resistencia a enfrentar el problema ambiental por considerar que su solución representa sólo un costo y no un beneficio
- conocimiento superficial de las tecnologías existentes
- falta de confianza en las tecnologías disponibles porque tienen limitaciones y porque sus bondades no han sido probadas
- desconocimiento de los costos reales de los diversos sistemas de tratamiento
- escaso conocimiento de la legislación ambiental, fiscal y de las normas vigentes
- irregularidad administrativa relativa al agua
- excesiva politización de los problemas ambientales.

Con frecuencia, un problema ambiental se toma como bandera por grupos políticos para obtener beneficios de índole totalmente distinta, con el agravante que el problema ambiental suele permanecer.

i) La porcicultura y el recurso agua

México es un país pobre en recursos hidráulicos. Su precipitación pluvial promedio es de 700 a 770 mm/año con rangos que van de 90 a 1800 mm/año y posee sólo el 0.1% del agua dulce que hay en el planeta (Alcocer y Escobar, 1996). Estos recursos están, además, mal distribuidos: sólo el 5% del agua se está por encima de la cota de los dos mil metros de altitud donde se localiza un tercio de la población y dos tercios de la producción industrial manufacturera (Athié, 1987). Los rangos de consumo varían entre 40 y 400 litros por habitante por día.

Paradójicamente, aunque los cerdos están presentes en todo el territorio, su concentración es mayor donde los recursos hidráulicos presentan problemas de contaminación y escasez más graves.

En la Cuenca del Río Balsas, en el centro del país, donde la concentración de centros urbanos y de actividades industriales y agropecuarias han ocasionado una sobreexplotación del agua del subsuelo, existen aproximadamente 4.3 millones de cerdos. En estados como Querétaro y Guanajuato la situación es crítica, ya que el agua del subsuelo se ha abatido de 1 a 3 metros al año presentándose asentamientos en el terreno. La contaminación de aguas superficiales y subterráneas puede calificarse como grave.

En los distritos de riego de los estados de Sonora y Sinaloa en el Noroeste, donde hay alrededor de 1.4 millones de cerdos compartiendo el espacio con el sector agroexportador más importante del país, las aguas subterráneas están sobreexplotadas y las superficiales contaminadas por actividades agropecuarias, industriales y urbanas. En la zona de Hermosillo hay intrusión salina de los acuíferos costeros.

Por último, la situación más delicada se presenta en el Sureste, ya que la Península de Yucatán cuyos suelos son calcáreos, carece de agua superficial debido a su pendiente topográfica casi nula y a la infiltración que produce el tipo de suelo. Los acuíferos de esta región –donde hay aproximadamente un millón de cerdos– son los más vulnerables del país.

1.3 En el espacio de estudio

El marco espacial de esta investigación está formado por el municipio de La Piedad de Cabadas, Mich. y por Santa Ana Pacueco, colonia del municipio de Pénjamo, Gto. A este espacio nos referiremos en adelante, simplemente como La Piedad.

Las poblaciones de La Piedad y de Santa Ana Pacueco, comunicadas por dos puentes sobre el río Lerma, conforman una región homogénea en el aspecto urbano, social y productivo, pero están vinculadas política y administrativamente, a

dos diferentes estados. Para cuestiones relacionados con el recurso agua, La Piedad depende de la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en ciudad de Morelia en Michoacán y Santa Ana Pacueco de la Gerencia Estatal de Guanajuato en Celaya, Guanajuato.

De estos dos centros de población, La Piedad es el más importante por su extensión, tamaño de su población –cerca de 100,000 habitantes– y nivel de actividad económica. La relevancia de Santa Ana Pacueco, cuya población no llega a los 15,000 habitantes, radica en el peso económico y político que detentan los productores de cerdos⁴⁸, los cuales pudieron organizarse en una Asociación Local de Porcicultores (ALP) independiente de la de Pénjamo. Según la Ley de Asociaciones Ganaderas esta figura asociativa (la ALP) sólo se podía crear a partir de la división municipal, sin embargo, Santa Ana Pacueco fue y es una excepción.

El municipio de La Piedad⁴⁹ tiene una superficie de 271.59 km² y su cabecera municipal es la ciudad de La Piedad de Cabadas que está situada en la margen izquierda del río Lerma a los 20° 21' de latitud norte y a los 102° 01' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

La Piedad se encuentra a una altitud de 1,765 m sobre el nivel del mar y tiene una temperatura media anual de 20°C, con máximos de 35° C y mínimos de 2° C, por lo que su clima es templado subhúmedo mesotermo, con veranos calurosos y estación invernal no definida.

Los vientos dominantes, provenientes del suroeste con intensidad máxima de 14.5 a 20 km/hora, son considerados débiles. La precipitación anual media es de 850 mm anuales⁵⁰ (Álvarez, 1967) distribuidos en un periodo regular de lluvias de junio a septiembre. La precipitación máxima mensual es de 660 mm; hay 92.75 días con lluvia durante el año, 201 despejados, 8.59 con heladas y 1.83 con

⁴⁸ La Asociación Local de Porcicultores de Santa Ana Pacueco produce aproximadamente el 40% del total del estado de Guanajuato.

⁴⁹ La información que se presenta a continuación fue tomada de Álvarez (1967), Reséndiz (1988) y Secretaría de Gobernación (s/f)

⁵⁰ 700 mm según la Secretaría de Gobernación (Michoacán y sus Municipios, s/f)

granizo.

Se puede hacer una extensión de estas características geográficas y climatológicas a Santa Ana Pacueco:

Hacia Carapan los suelos son arcillosos y hacia Santa Ana Pacueco y Pénjamo, son tipo *chernozem* o negros profundos, mucho más aptos para la agricultura que los de La Piedad.

Debido a los múltiples accidentes geográficos que presenta el municipio de La Piedad, el relieve del suelo es en extremo variado e irregular. Hacia el noreste, en el Valle de La Piedad que colinda con el Bajío de Guanajuato, los terrenos son bajos y llanos, propicios para una agricultura intensiva de riego donde se cultiva mayormente sorgo y maíz y de manera secundaria trigo y alfalfa.

Los factores y la morfología que determinan la distribución de la vegetación son característicos de las praderas, con arbustos grandes o árboles pequeños de 2 a 5 metros de altura, tales como los mezquites casahuates, uñas de gato, palo dulce y huizache.

Hacia el noroeste, el río Lerma forma su cauce entre montes y colinas que colindan con la región de los Altos de Jalisco y por el occidente, las laderas descienden rumbo a Yurécuaro, encontrándose con la extensa planicie de la Ciénaga de Chapala

Por el suroeste, como una avanzada de la Sierra Tarasca, se eleva el Cerro Grande o de Cujaruato y en el centro, bajando hacia el oriente y el sur se extiende una alta y ondulada meseta, en cuyas tierras erosionadas por la lluvia persiste una modesta agricultura de temporal.

Completan la orografía del municipio el cerro de la Cruz, el cerro del Zapote, el del Muerto y poco mas lejos, el cerro de Zaragoza.

La hidrología la conforman el río Lerma que serpentea de oriente a occidente, sirviendo de límite natural entre los estados de Jalisco y Guanajuato. Las demás corrientes de agua son pluviales, formadas por los arroyos que en época de lluvias van a depositar sus caudales al río Lerma y a los cuales, las aguas residuales de las granjas porcinas contribuyen en tiempo de lluvias.

En el arroyo de Zináparo, cerca del poblado de Ticuítaco, la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos construyó la presa Ing. Antonio Longone Rodríguez (antes Presa de Ticuítaco), con capacidad para almacenar 7.5 millones de metros cúbicos. En una vieja monografía sobre La Piedad, (Alvarez, C., 1967), se menciona que esta presa estaba destinada al riego de 15 mil hectáreas. Sin embargo, en la actualidad la placa de la presa indica que se riegan sólo 1,000 hectáreas de las cuales se siembran 600. Uno de los porcicultores entrevistados en Ticuítaco mencionó que más del 70% de la población de esta localidad vive ahora en los EUA. Otras presas de menor capacidad son Coyotes, Paredones y La Providencia.

Completan la hidrografía de la región los arroyos Domingo, Prieto Canáparo y los manantiales de agua fría el Algodonal y el Capricho.

La Piedad limita con los siguientes municipios: al oriente con Numarán (donde se encuentran algunas de las granjas de la muestra), al sur con Zináparo, Churintzio y Ecuandureo, al occidente con Yurécuaro y al norte con los municipios de Degollado, Jal. y Pénjamo, Gto.

El origen de La Piedad como centro urbano data del siglo XII, época de la peregrinación de los aztecas de Chicomostoc hacia el centro del país durante la cual fundan, a la orilla del río Lerma, el pueblo de Zula que significa "codornices".

En 1389, el rey Tariácuri toma el pueblo denominándolo Aramútaró que en purépecha significa "lugar de cuevas" y en 1530 es conquistado por las tropas de Nuño de Guzmán. Recibe entonces el nombre de San Sebastián de Aramutarillo y dos siglos después, el de Villa de Rivas. Su denominación actual, La Piedad de Cavadas, en honor al constructor del puente que la une con Guanajuato y que es considerado una obra maestra de ingeniería, data de 1871. Durante la época colonial Santa Ana Pacueco fue una enorme encomienda.

1.3.1 Representatividad en relación con el problema ambiental

La cuenca del río Lerma es una de las cinco cuencas más contaminadas del país. A este río, que es el principal tributario de la Laguna de Chapala, fuente de abasto

de agua a la ciudad de Guadalajara, se le ha descrito como un gigantesco drenaje a cielo abierto que conduce a su paso las aguas negras de importantes ciudades, de los corredores industriales Lerma-Toluca, Querétaro, Celaya, Salamanca e Irapuato y de las aguas residuales de una importante zona porcícola formada por Abasolo, Pénjamo, Santa Ana Pacueco y La Piedad.

Del río Lerma, que nace en los manantiales de Almoloya del Río en las faldas del Nevado de Toluca, se capta y bombea a la ciudad de México un caudal aproximado de 12 m³/seg, principal razón de su mermada capacidad de dilución.

Dentro del inventario industrial de la cuenca Lerma-Chapala, las industrias más importantes por el número de descargas son: la peletera (1095), pecuaria (645), textil (554), los establecimientos de servicios (454), la alimenticia (329), metal-mecánica (110), petroquímica (99), química-farmacéutica (74), minera y de cantera (41), maderera y derivados (25), destiladora (16), electromecánica (17), metalúrgica (13) la de pesticidas (4). Las industrias más contaminantes son PEMEX, CFE, la siderúrgica y las peleteras (Hansen *et al.*, 1995).

Las cantidades más grandes de contaminación aportadas a la cuenca provienen de los municipios de León, Salamanca y Celaya en Guanajuato y Querétaro, Qro.

CUADRO 1.2 APORTACIÓN DE CONTAMINANTES DE CUATRO MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL LERMA

Ciudad	León	Querétaro	Salamanca	Celaya
Contaminante				
Sólidos suspendidos totales, <i>SST</i> ton/día	19.0			
Demanda química de oxígeno, <i>DQO</i> ton/día	41.3			
Demanda bioquímica de oxígeno, <i>DBO</i> ton/día		15.5		
Sólidos disueltos totales, <i>SDT</i> ton/día		56.9		
Nitrógeno total, <i>N</i> kg/día	2.0			
Cadmio, <i>Cd</i> g/día			60.1	
Cobre, <i>Cu</i> kg/día	2.5			
Cromo total, <i>Cr</i> kg/día	433.3			
Hierro, <i>Fe</i> kg/día	47.8			
Níquel, <i>Ni</i> kg/día	845.7			
Plomo, <i>Pb</i> kg/día	5.9			
Zinc, <i>Zn</i> kg/día				21.2

Fuente: Hansen, A. "Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales en sedimentos de la cuenca Lerma-Chapala". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (p. 60)

De acuerdo con el citado estudio de Hansen (1995), La Piedad no hace una aportación significativa a la contaminación por metales pesados, pero en cambio, existen valores altos para el enriquecimiento de zinc en los sedimentos depositados, lo que coincide con una mayor concentración de materia orgánica.

Por otra parte, el plomo descargado por las industrias en Celaya, Salamanca y León, se refleja en el enriquecimiento de plomo en los sedimentos depositados de alto contenido de materia orgánica proveniente de las granjas porcinas en La Piedad, la cual funciona como atrapadora de metales.

Los factores de enriquecimiento de cobre en sedimentos depositados de La Piedad son altos, situación que también se relaciona con el alto contenido de materia orgánica.

Tanto La Piedad como Santa Ana Pacueco presentan un cuadro de enfermedades gastrointestinales y de vías respiratorias cuyos principales vectores son la alta proliferación de moscas y mosquitos. El lirio acuático, manifestación de la contaminación por fósforo, constituye una severa plaga acuática en la parte del Lerma que bordea a La Piedad.

Además de recibir las descargas de las granjas porcinas, el Lerma sigue recibiendo las aguas negras de la ciudad a pesar de que desde hace cinco años

cuenta con una enorme planta de tratamiento que nunca ha funcionado por problemas de tipo técnico que elevan considerablemente el costo de operación.⁵¹

En abril de 1999, el director del Sistema de Agua Potable informó que se habían detectado 30 descargas de aguas negras provenientes de granjas porcícolas, de las cuales 22 se generan en Santa Ana Pacueco y 8 en La Piedad.⁵²

Las descargas que corresponden al municipio de La Piedad se originan en Río Grande, Guanajuatillo, Cuitzillo, La Quinta y Purísima y confluyen al arroyo Cinco de Oros.

Para resolver el problema se plantea entubar las aguas de este arroyo, esto es, construir un colector en la margen derecha del Lerma que conduzca al colector principal que lleva a la planta de tratamiento, planta que a la fecha (febrero de 2002), aun no estaba en operación.

1.3.2 Representatividad de sistemas productivos

La importancia de la región de La Piedad como productora de cerdos fue documentada en estudios pioneros sobre el tema, entre los que destacan uno inédito (Szekely *et al.*, 1980) y dos publicados (Chapela, 1983 y Pérez, 1987).

La producción de cerdos se estimaba en poco más de un millón de cabezas anuales que representaban, en el primer lustro de los ochenta, aproximadamente la quinta parte de la producción total nacional y colocaban a la región como el principal enclave productor de cerdos en el país. (Chapela, 1983)

Estos documentos describen a la porcicultura de la región como una actividad altamente concentrada (el 5% de los productores poseían el 45% del inventario), donde convivían los procesos productivos no integrados de engorda a gran escala (80% de los productores eran engordadores), con la porcicultura de

⁵¹ La planta podría tratar fácilmente el agua residual de una ciudad de un millón de habitantes; La Piedad tiene cien mil. Las lagunas (15) se construyeron en alto y por tanto hay que bombear el agua más de 30 metros con un gasto de energía muy elevado. Las bombas, adquiridas en Austria apenas iban a ser instaladas en el mes de mayo de 1999.

⁵² Diario A.M. de La Piedad, Mich., jueves 22 de abril de 1999.

traspatio y la granja tradicional mediana. La engorda y la producción de lechones eran dos procesos separados; la primera estaba a cargo de los grandes porcicultores de la región y la segunda era tarea de los productores de traspatio de los poblados circunvecinos a La Piedad, en especial de Puruándiro. (Pérez, 1987)

Esta estructura productiva suponía una transferencia de recursos de la producción de lechones, etapa más delicada y de alto riesgo dentro del proceso, hacia los grandes engordadores que realizaban una actividad menos compleja.

El hecho de que la cría de lechones se realizara en condiciones de rusticidad por parte de una infinidad de pequeñas unidades de tipo familiar, donde no existían las condiciones sanitarias adecuadas, daba lugar a la presencia de numerosas enfermedades. Junto con los lechones, los engordadores introducían a la granja enfermedades que provocaban altas tasas de mortalidad que fueron compensadas, durante muchos años, con los enormes volúmenes producidos y comercializados y con prácticas oligopólicas en la venta de insumos y en la introducción de cerdos a la Ciudad de México y su Área Metropolitana, actividades también a cargo de los grandes productores.

La década de los ochenta es un período de crisis para la actividad porcícola; entre 1980 y 1981 los costos de producción se disparan como consecuencia de la escasez de grano provocada por el peor año agrícola en décadas, 1979, proceso que agudiza la crisis financiera de fines de 1982.

Durante los primeros años de los ochenta, los porcicultores de La Piedad y de otras regiones del centro del país, inundan el mercado con cerdos porque les resultaba imposible seguirlos alimentando; esto se tradujo en las cifras más altas de producción de carne a nivel nacional que no resultaron de un auge de la porcicultura, sino de lo opuesto.

Ante la tenaza constituida por la elevación de costos y el descenso del precio del cerdo en pie, los porcicultores de La Piedad se vieron obligados a reconvertir su actividad, modernizar sus instalaciones cuando eso era posible, reducir las tasas de morbilidad y mortandad evitando la entrada de lechones a las

granjas, esto es, convirtiéndose en productores de ciclo completo y haciendo mejoras en genética y manejo.

La información proporcionada por las Asociaciones Locales de Porcicultores de La Piedad y Santa Ana Pacueco en febrero de 1999, indicaba que el 55% de las granjas eran de ciclo completo, el 38 % engordas, 4% lechoneras y 3% de pie de cría. Se considera que la modalidad de ciclo completo está todavía más difundida, pero el formato de registro en las Asociaciones no permite determinar cuáles de las granjas engordadoras son el sitio 2 y 3 de una granja multisitios.

Esta estructura de la piara es representativa de la porcicultura del centro del país donde se encuentran los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Puebla y Tlaxcala, donde además se presentan problemas ambientales similares.

Los sistemas de alimentación y la genética empleados en la región son los de tipo "global" mencionados en este mismo capítulo; se encuentran en otras zonas porcícolas del país y en casi cualquier región del mundo donde se críen cerdos.

Instalaciones y prácticas de manejo en La Piedad, son similares a las del centro del país y difieren, pero no sustancialmente, de otras las zonas porcícolas como las de Sonora y Yucatán donde las características climatológicas son distintas.

Conclusiones del Capítulo

1ª La porcicultura genera el producto cárnico que más se produce y más se consume en todo el mundo. La carne de cerdo tiene un rasgo paradójico, es un componente muy importante en la dieta de millones de habitantes y al mismo tiempo, es un producto prohibido entre importantes grupos de la población.

2ª Porque su consumo todavía es reducido, porque tiene una alta elasticidad ingreso y porque hay una tendencia a copiar patrones de consumo "occidentales"; las tasas de crecimiento más elevadas de la producción se han presentado en los países en desarrollo. Es en estos países donde los recursos naturales están más

amenazados. A raíz del problema de encefalopatía espongiforme bovina, habrá una tendencia a que su consumo se incremente también en los países desarrollados.

3ª El tema ambiental en porcicultura es crítico por el tipo de residuo que produce el cerdo y por el modelo de desarrollo asociado a la porcicultura moderna: grandes concentraciones de animales y escasa integración con la agricultura. En los países desarrollados se ha investigado el problema desde hace más de tres décadas; no así en los países en desarrollo donde el crecimiento de la actividad no ha tenido en consideración los problemas ambientales que ocasiona.

4ª En México la porcicultura es una de las tres actividades ganaderas más importantes del país. En 1999 el inventario porcino fue de 10.7 millones de cabezas (13.6 según cifra FAO), la producción de carne ascendió a 990 mil toneladas y el consumo per capita en ese año fue de 8.2 kilogramos por habitante. Después de una caída abrupta de la actividad en la segunda mitad de los ochenta, a partir de 1990 presenta un crecimiento moderado pero estable.

5ª Las principales zonas porcícolas se localizan donde el recurso agua es más vulnerable: la cuenca del río Lerma, los distritos de riego del noroeste y la península de Yucatán. Los futuros incrementos en la producción deberán acompañarse de un cambio en el modelo seguido hasta ahora, considerando el aspecto ambiental como parte fundamental del manejo de la granja. De otra forma, el impacto en el recurso agua podrá ser crítico.

6ª La producción porcina en La Piedad, Mich. es representativa de la porcicultura de gran parte del país, especialmente de la región Centro. También los problemas ambientales que genera son similares a los que se encuentran en otras zonas porcícolas, pero en particular a los que son resultado de la actividad porcina a lo largo del río Lerma.

APÉNDICE ESTADÍSTICO

CUADRO 1

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
(millones de toneladas)

POR ESPECIE Y NIVEL DE DESARROLLO	PROMEDIOS		
	1989-90	1991-92	1999
TOTAL MUNDIAL	174.0	181.4	228.0
Cerdo	68.7	71.3	89.4
Bovino	53.4	53.9	55.9
Ave	39.1	42.8	55.3
Ovinos y caprinos	9.4	9.8	11.4
Otras carnes	3.5	3.7	16.0
PAÍSES EN DESARROLLO	70.4	76.0	123.5
Cerdo	30.2	32.5	51.5
Bovino	19.2	19.6	25.4
Ave	13.9	16.2	29.0
Ovinos y caprinos	5.4	5.8	7.8
Otras carnes	1.8	2.1	9.8
PAÍSES DESARROLLADOS	103.7	105.4	104.4
Cerdo	38.7	38.8	37.8
Bovino	34.3	34.3	30.3
Ave	25.2	26.7	26.3
Ovinos y caprinos	4.0	4.0	3.2
Otras carnes	1.6	1.6	6.8

Fuente: FAOSTAT

Cuadro 2

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
(millones de toneladas)

POR ESPECIE Y NIVEL DE DESARROLLO	TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO		
	1991-92/ 1989-90	1999/ 1989-90	1999/ 1991-92
TOTAL MUNDIAL	1.4	2.6	2.4
Cerdo	1.2	2.5	2.4
Bovino	0.3	0.4	0.4
Ave	3.1	3.4	2.7
Ovinos y caprinos	1.4	1.9	1.7
Otras carnes	1.9	15.6	16.7
PAÍSES EN DESARROLLO	2.6	5.5	5.2
Cerdo	2.5	5.2	5.0
Bovino	0.7	2.7	2.8
Ave	5.3	7.3	6.4
Ovinos y caprinos	2.4	3.7	3.3
Otras carnes	4.4	17.5	17.9
PAÍSES DESARROLLADOS	0.5	0.1	-0.1
Cerdo	0.1	-0.2	-0.3
Bovino	0.0	-1.2	-1.3
Ave	1.9	0.4	-0.1
Ovinos y caprinos	0.0	-2.1	-2.3
Otras carnes	1.0	14.8	16.1

Fuente: FAOSTAT

Cuadro 3
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
(millones de toneladas)

NIVEL DE DESARROLLO	1990	1998	TMCA
UNIÓN EUROPEA (15)	87.1	89.6	0.3
PAISES DESARROLLADOS			
de Asia	38.6	43.0	1.2
PAISES EN DESARROLLO	18.5	26.0	3.9
de África	14.6	14.5	-0.1
de América Latina y el Caribe	42.1	52.9	2.6
de Asia	16.0	24.7	4.9
PAISES DE BAJO INGRESO	14.7	22.2	4.7
Déficit de países de bajo ingreso	15.3	22.5	4.4

Fuente: FAOSTAT

CUADRO 4
 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
 (millones de toneladas)

AÑO	TOTAL MUNDIAL	CERDO	BOVINO	AVE	OVINO CAPRINO	OTRAS
1990	179.5	69.9	53.3	35.3	9.6	11.4
1991	183.6	70.9	53.8	37.1	9.8	12.0
1992	187.4	73.1	52.9	38.8	9.9	12.7
1993	192.1	75.4	52.4	41.0	10.1	13.2
1994	198.4	77.9	53.1	43.3	10.3	13.8
1995	204.6	78.8	53.9	46.2	10.6	15.1
1996	206.8	78.8	54.5	47.4	10.7	15.4
1997	214.9	82.7	55.1	49.9	11.0	16.2
1998	222.9	87.9	55.3	52.1	11.3	16.3
1999	225.9	88.4	55.8	54.1	11.0	16.6
TMCA 1999-90	2.3	2.4	0.5	4.4	1.4	3.8
TMCA 1995-90	2.0	2.2	-0.1	4.2	1.4	3.9
TMCA 1999-95	2.0	2.3	0.7	3.2	0.7	1.9

Fuente: FAOSTAT

CUADRO 5
 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
 (estructura porcentual)

AÑO	TOTAL MUNDIAL	CERDO	BOVINO	AVE	OVINO CAPRINO	OTRAS
1990	100.0	38.9	29.7	19.7	5.3	6.4
1991	100.0	38.6	29.3	20.2	5.3	6.5
1992	100.0	39.0	28.2	20.7	5.3	6.8
1993	100.0	39.3	27.3	21.3	5.3	6.9
1994	100.0	39.3	26.8	21.8	5.2	7.0
1995	100.0	38.5	26.3	22.6	5.2	7.4
1996	100.0	38.1	26.4	22.9	5.2	7.4
1997	100.0	38.5	25.6	23.2	5.1	7.5
1998	100.0	39.4	24.8	23.4	5.1	7.3
1999	100.0	39.1	24.7	23.9	4.9	7.3

Fuente: FAOSTAT

CUADRO 6

CONSUMO PER CAPITA DE CARNE. PAÍSES DESARROLLADOS
(kg/habitante al año)

	1969/71	1988/90	1998	2010
TOTAL				
CERDO	24	31	29	30
BOVINO	26	27	23	27
AVE	10	19	22	27
CARNERO	3	3	3	3

Fuente: FAO, Agriculture Towards 2010
1998: FAOSTAT

CUADRO 7

INVENTARIO MUNDIAL DE CERDOS
(miles de cabezas)

	2000	%	% Ac.
TOTAL MUNDIAL	909,486		
China	436,908	48.0	48.0
E.U.A.	59,337	6.5	54.6
Brasil	27,320	3.0	57.6
Alemania	27,049	3.0	60.5
España	23,682	2.6	63.1
Vietnam	18,886	2.1	65.2
Rusia	18,300	2.0	67.2
Polonia	18,200	2.0	69.2
India	16,005	1.8	71.0
Francia	14,635	1.6	72.6
MÉXICO	13,690	1.5	74.1
Holanda	13,138	1.4	75.6

Fuente: FAOSTAT

CUADRO 8

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE DE CERDO
(miles de toneladas)

	2000	%	% Ac.
TOTAL MUNDIAL	89,385		
China	41,096	46.0	46.0
USA	8,758	9.8	55.8
Alemania	3,940	4.4	60.2
España	2,892	3.2	63.4
Francia	2,154	2.4	65.8
Polonia	2,043	2.3	68.1
Brasil	1,752	2.0	70.1
Países Bajos	1,711	1.9	72.0
Dinamarca	1,642	1.8	73.8
Canadá	1,562	1.7	75.6
Federación Rusa	1,485	1.7	77.2
Italia	1,472	1.6	78.9

Fuente: FAOSTAT

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 9

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE DE CERDO
(miles de toneladas)

	2000	%
TOTAL MUNDIAL	89,385	
SUBTOTAL	63,875	71.5
CHINA	41,096	46.0
ESTE Y SUDESTE ASIÁTICOS	5,214	5.8
UNIÓN EUROPEA (15)	17,565	19.7

Fuente: FAOSTAT

CUADRO 10

IMPORTADORES DE CARNE DE CERDO
(toneladas)

	1999	%	% Ac.
TOTAL MUNDIAL	6,776,970	100.0	
Alemania	912,229	13.5	13.5
Italia	838,708	12.4	25.8
Japón	822,826	12.1	38.0
Reino Unido	605,337	8.9	46.9
URSS	536,071	7.9	54.8
Francia	452,471	6.7	61.5
EUA	369,946	5.5	67.0
China	342,995	5.1	72.0
Grecia	203,715	3.0	75.0
México	172,769	2.5	77.6
República de Corea	153,817	2.3	79.8

Fuente: FAOSTAT

CUADRO 11

EXPORTADORES DE CARNE DE CERDO
(toneladas)

	1999	%	% Ac.
TOTAL MUNDIAL	6,980,341	100.0	
Dinamarca	1,230,478	17.6	17.6
Países Bajos	1,163,854	16.7	34.3
Bélgica-Luxemburgo	646,948	9.3	43.6
Francia	570,493	8.2	51.7
Canadá	502,119	7.2	58.9
Alemania	489,131	7.0	65.9
EUA	457,296	6.6	72.5
España	358,401	5.1	77.6
Reino Unido	210,368	3.0	80.6

Fuente: FAOSTAT

CUADRO 12					CUADRO 13				
PRODUCCIÓN DE CARNE DE CANAL EN MÉXICO									
(miles de toneladas)					(porcientos)				
AÑO	BOVINO	PORCINO	AVES	TOTAL	BOVINO	PORCINO	AVES	TOTAL	
1972	707	573	232	1,512	46.8	37.9	15.3	100.0	
1973	735	642	247	1,624	45.3	39.5	15.2	100.0	
1974	753	719	267	1,739	43.3	41.3	15.4	100.0	
1975	771	810	291	1,872	41.2	43.3	15.5	100.0	
1976	845	909	312	2,066	40.9	44.0	15.1	100.0	
1977	887	1,010	336	2,233	39.7	45.2	15.0	100.0	
1978	948	1,085	362	2,395	39.6	45.3	15.1	100.0	
1979	994	1,167	394	2,555	38.9	45.7	15.4	100.0	
1980	745	1,251	399	2,395	31.1	52.2	16.7	100.0	
TMCA 1980/72	0.6	9.1	6.2	5.2					
1981	718	1,307	426	2,451	29.3	53.3	17.4	100.0	
1982	734	1,365	447	2,546	28.8	53.6	17.6	100.0	
1983	712	1,486	469	2,667	26.7	55.7	17.6	100.0	
1984	841	1,455	490	2,786	30.2	52.2	17.6	100.0	
1985	980	1,293	589	2,862	34.2	45.2	20.6	100.0	
1986	1,248	959	673	2,880	43.3	33.3	23.4	100.0	
1987	1,273	915	673	2,860	44.5	32.0	23.5	100.0	
1988	1,217	861	627	2,732	44.5	31.5	23.0	100.0	
1989	1,163	727	611	2,500	46.5	29.1	24.4	100.0	
1990	1,114	757	750	2,621	42.5	28.9	28.6	100.0	
TMCA 1990/81	4.5	-5.3	5.8	0.7					
1991	1,189	812	858	2,859	41.6	28.4	30.0	100.0	
1992	1,247	820	898	2,965	42.1	27.7	30.3	100.0	
1993	1,256	822	1,040	3,118	40.3	26.4	33.4	100.0	
1994	1,365	873	1,126	3,364	40.6	26.0	33.5	100.0	
1995	1,412	922	1,284	3,618	39.0	25.5	35.5	100.0	
1996	1,330	910	1,265	3,505	37.9	26.0	36.1	100.0	
1997	1,340	939	1,442	3,721	36.0	25.2	38.8	100.0	
1998	1,380	961	1,599	3,940	35.0	24.4	40.6	100.0	
1999	1,390	990	1,724	4,104	33.9	24.1	42.0	100.0	
TMCA 1999/91	1.8	2.2	8.1	4.1					

Fuente: 1972-1984: Compendio Histórico Estadístico de la Producción Pecuaria. SAG
1985-1999: Subsecretaría de Planeación.- SAGAR.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 14

PORCICULTURA EN MÉXICO
INVENTARIO, PRODUCCIÓN Y CONSUMO PER CAPITA

AÑO	INVENTARIO* (cabezas)	PRODUCCIÓN* (toneladas)	CONSUMO PER CAPITA (kg/año)
1980	13,785	1,251	18.1
1981	14,198	1,307	18.5
1982	14,491	1,365	19.2
1983	15,359	1,486	20.4
1984	15,237	1,455	19.6
1985	13,411	1,293	17.1
1986	14,182	959	12.5
1987	14,296	915	11.7
1988	12,014	861	10.9
1989	12,104	727	9.1
1990	11,282	757	9.3
1991	10,261	812	9.8
1992	10,122	820	9.8
1993	10,032	822	9.9
1994	10,053	873	9.5
1995	10,070	922	9.9
1996	10,100	910	9.6
1997	10,250	939	10.0
1998	10,400	961	10.1
1999	10,712	990	10.2
TMCA 1989-1984	-3.8	-10.9	-12.0
TMCA 1999-1990	-0.5	2.7	-1.3
TMCA 1999-1983	-2.1	-2.4	-5.2

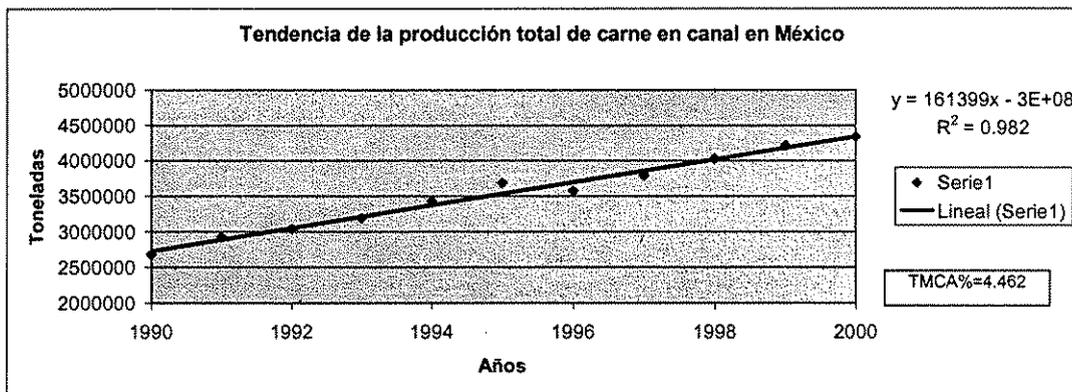
* en miles

Fuente: 1980-1990, SAGAR
1990-1999, SIAP, SAGARPA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

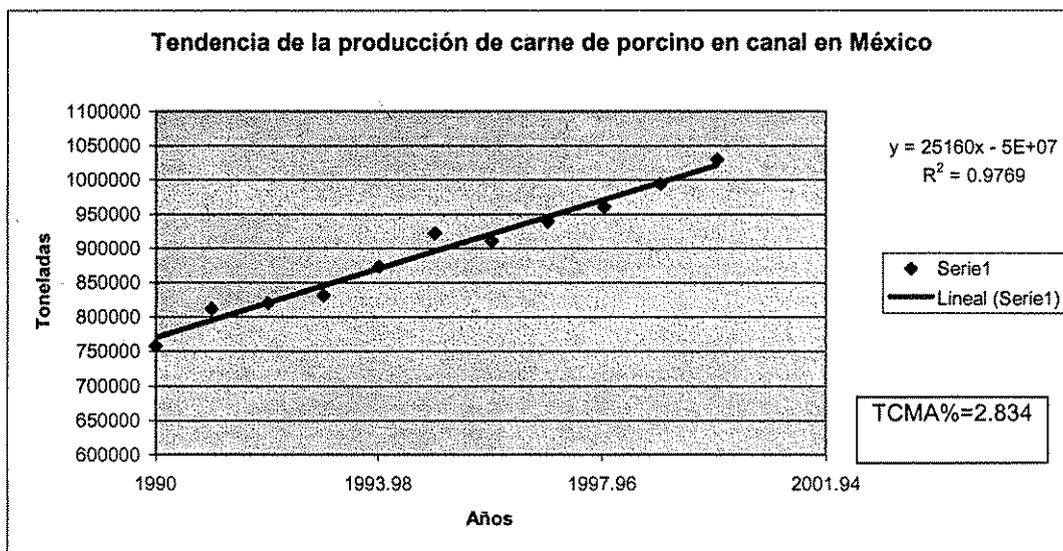
GRÁFICAS

Gráfica 1

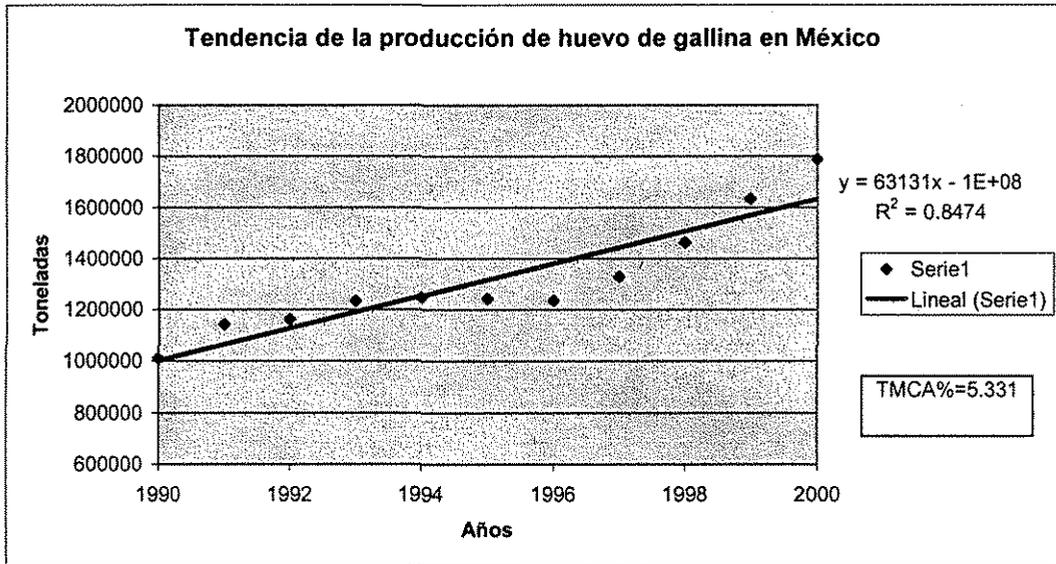


Gráfica 2

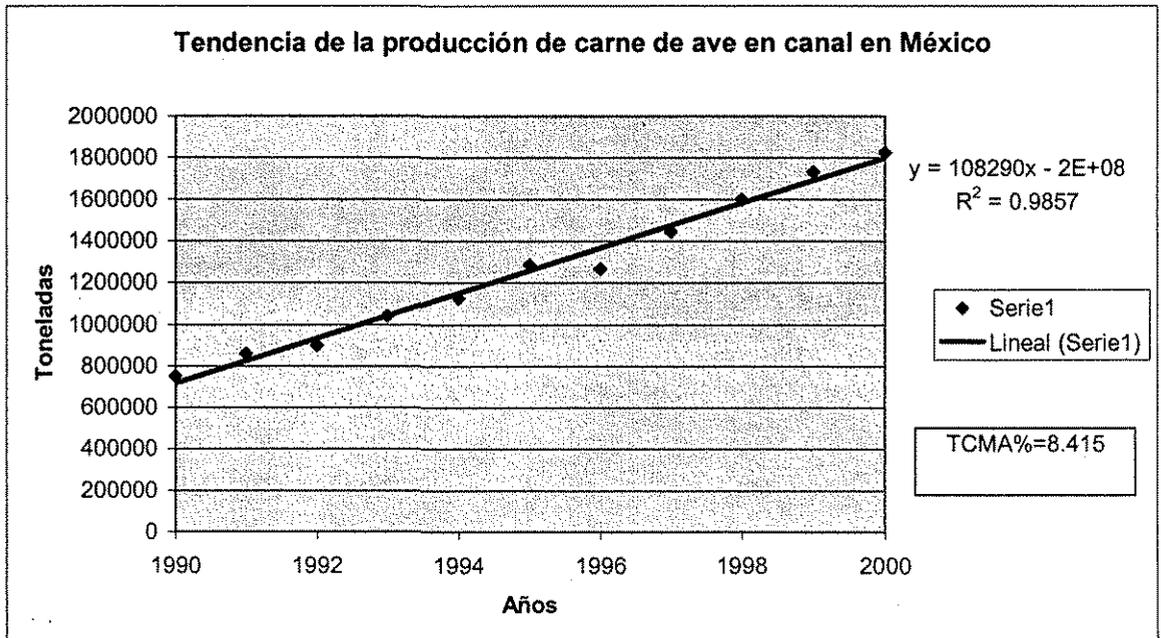
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Gráfica 3

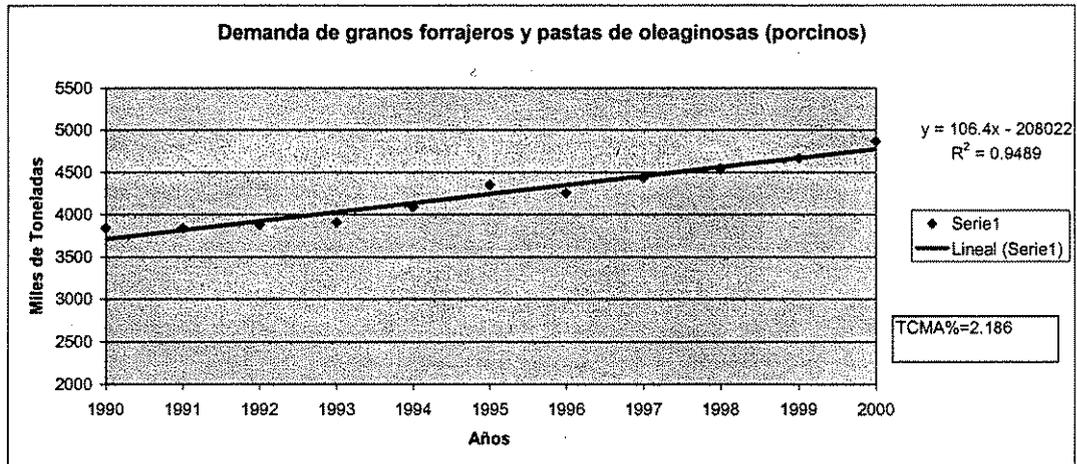


Gráfica 4

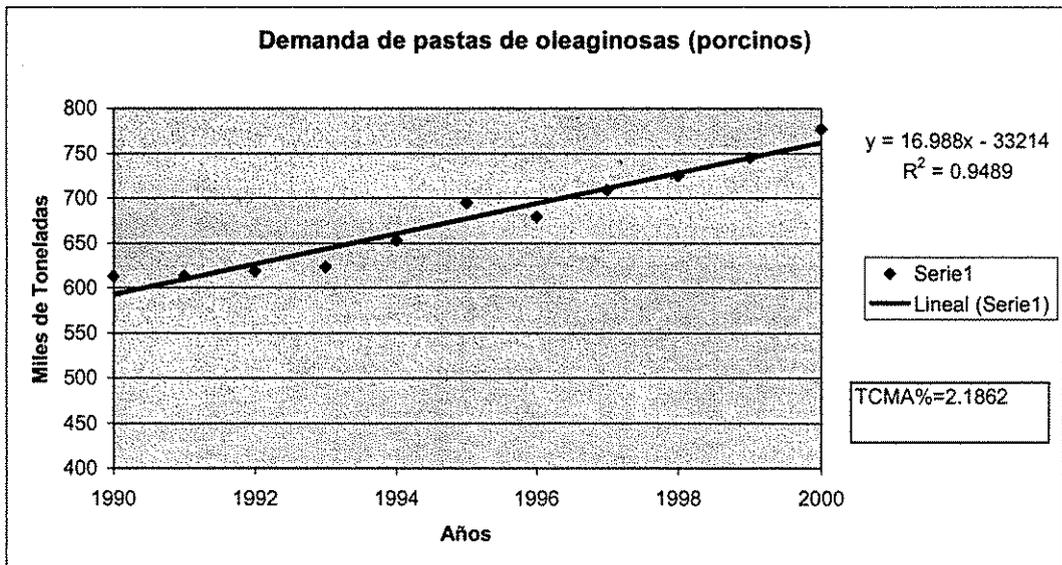


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 5

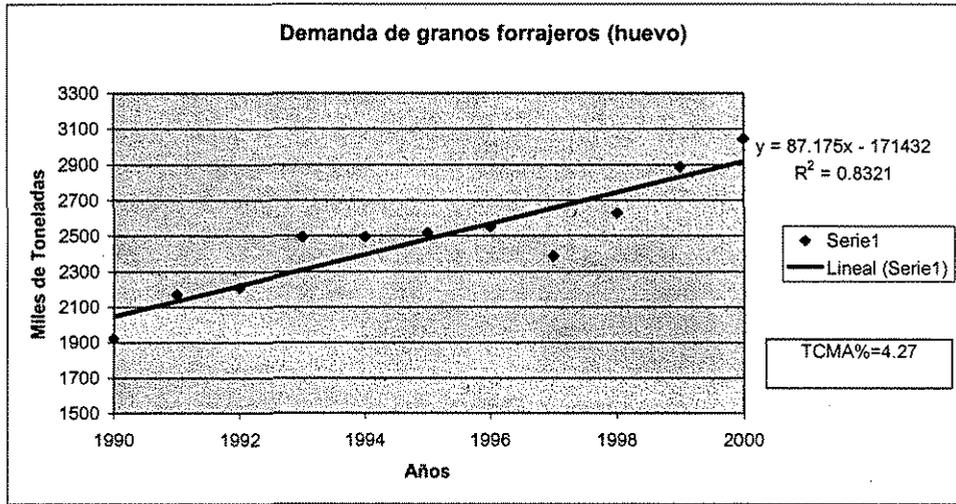


Gráfica 6

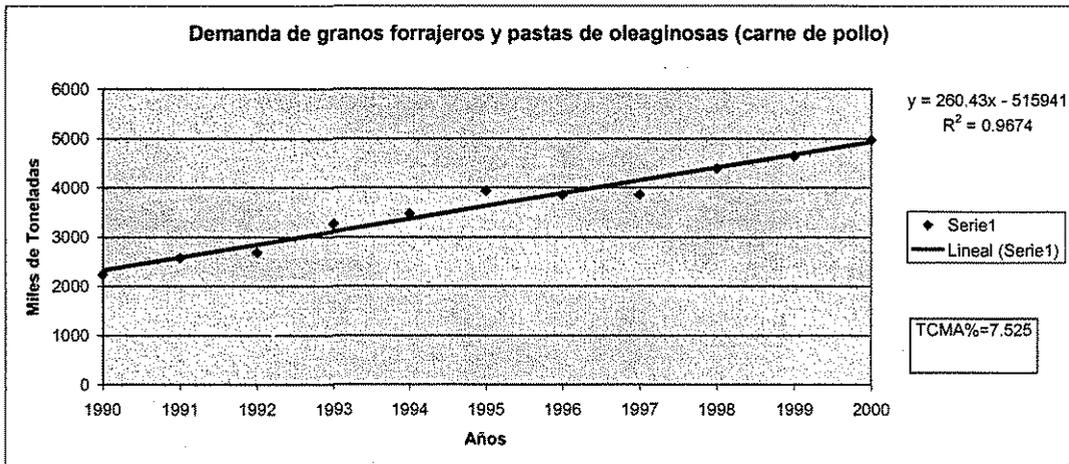


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

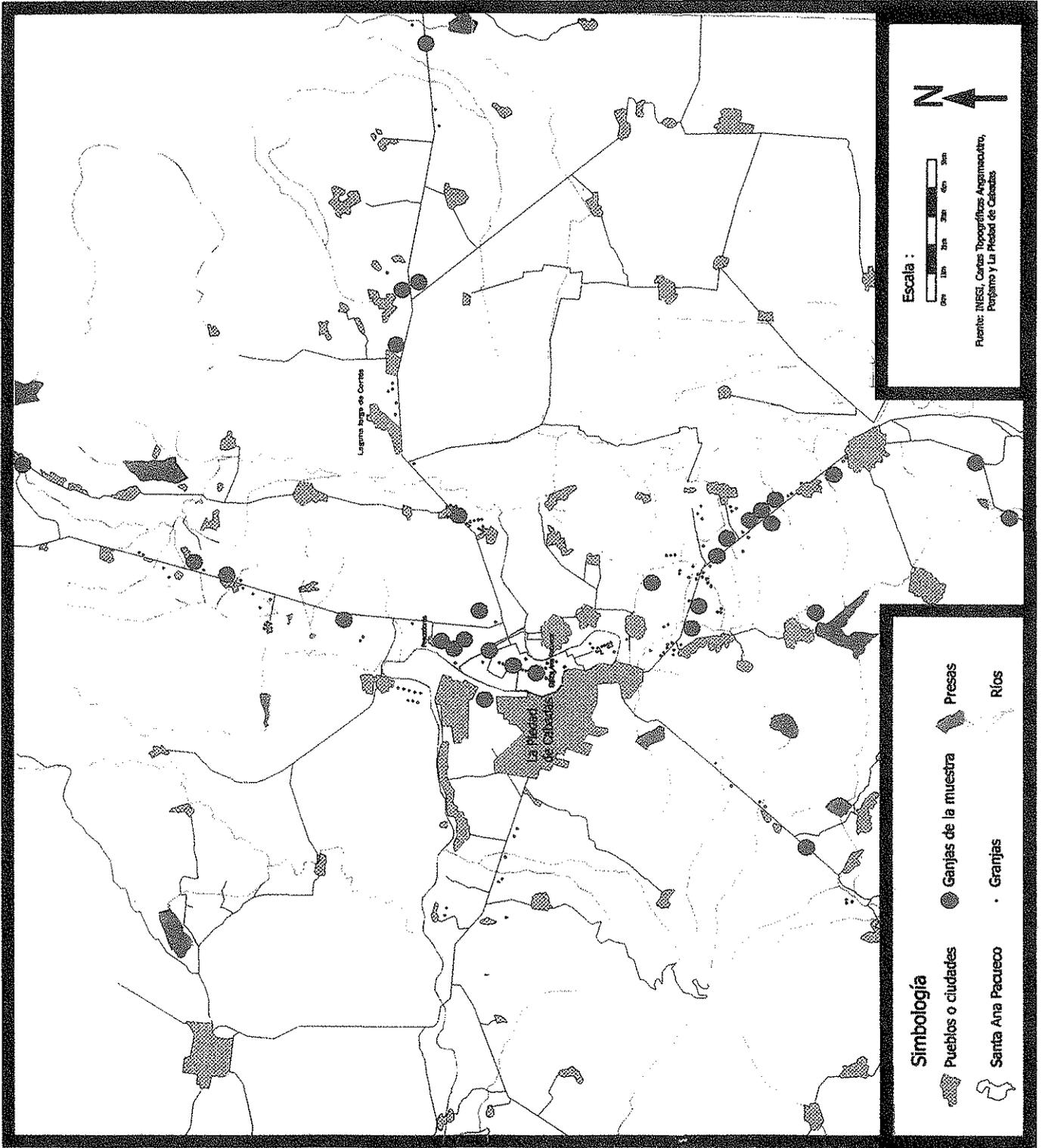
Gráfica 7



Gráfica 8



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



Fuente: INEGI, Censos Topográficos Angamucó, Perifoneo y La Piedad de Culiacán

Simbología

-  Pueblos o ciudades
-  Santa Ana Pacuero
-  Ganjas de la muestra
-  Granjas
-  Presas
-  RÍOS

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Capítulo 2. Las raíces teóricas del control ambiental

2.1 La economía ambiental

2.1.1 Externalidades y cómo se resuelven

i) Impuestos pigouvianos Impuestos pigouvianos

ii) Derechos de propiedad

iii) Reestructuración de mercados

2.2 La respuesta en la práctica: la política de protección ambiental

2.2.1 Instrumentos en torno al mercado

2.2.2 Las medidas "compulsivas"

2.3 Sumándose a la estrategia internacional

2.3.1 Norma sobre descargas de aguas residuales

2.3.2 Análisis costo-beneficio, tratamientos y porcicultura

Conclusiones del capítulo

Anexo

Resumen

Las medidas de política ambiental que están vigentes en la mayor parte del mundo incluido nuestro país, se basan en las propuestas de la economía ambiental, rama relativamente joven de la teoría económica neoclásica que toma de ésta, en particular, el marco conceptual de la economía del bienestar. En este capítulo se hace referencia a los planteamientos de la teoría respecto del problema ambiental: el elusivo caso de las externalidades y las formas de "internalizarlas" para que formen parte del costo total. Se mencionan las características de los dos enfoques bajo los cuales el gobierno interviene para internalizar el costo ambiental, el enfoque de mercado y el regulatorio, destacando al último como base de la política ambiental. México se suma a la estrategia ambiental que predomina a nivel internacional, haciendo descansar su política ambiental en regulaciones. Forma parte de este enfoque la norma sobre descarga de aguas residuales que se describe en el presente apartado y se analiza su aplicación práctica en el siguiente.

Capítulo 2 Las raíces teóricas del control ambiental en porcicultura

La teoría económica neoclásica ofrece, por medio de una de sus extensiones más importantes, la economía ambiental, un conjunto de conceptos y herramientas analíticas que en la práctica han servido de sustento a la política de protección al medio ambiente en un buen número de países, incluyendo el nuestro.

El objetivo de este capítulo es encontrar el hilo conductor que parte de los postulados teóricos de la economía, a las especificidades del diseño y ejercicio de

una determinada política ambiental que incide –o trata de hacerlo– en las formas de producción de una actividad económica particular, la ganadería porcina, al forzar la integración del manejo de los recursos y desechos como un componente más del sistema de producción.

2.1 La economía ambiental

El importante papel de la naturaleza en el proceso de desarrollo económico es un tema que se aborda en la segunda mitad del siglo XX. En el pasado, con excepción de los planteamientos de los fisiócratas, Malthus y David Ricardo⁵³, los modelos de desarrollo neoclásico y sus variantes modernas, así como el esquema marxistas de reproducción, ignoraron las múltiples funciones de la naturaleza en el proceso de desarrollo.

En el siglo XX, salvo Ciriacy-Wantrup (1957), los economistas de diferente afiliación teórico-metodológica no fueron sensibles, hasta ya muy avanzada la década de los sesenta, al papel que el ambiente puede desempeñar en las posibilidades de desarrollo.

Un recuento somero de conceptos, definiciones y caracterizaciones sobre desarrollo económico⁵⁴, confirma el planteamiento de la ausencia del medio ambiente en los modelos de desarrollo (Urquidi, 1994). La mayoría de estos modelos también minimizaban, o ignoraban por completo, el papel de la agricultura en el desarrollo económico, sobre todo en los países del tercer mundo.

Georgescu-Roegen, uno de los críticos más consistentes a la economía convencional por su negligencia para considerar las aportaciones de la naturaleza al proceso de desarrollo económico⁵⁵, destacaba la influencia de los adelantos de la física y la mecánica en el siglo XIX, en las características de economía neoclásica

⁵³ *Le Tableau Economique* de Quesnay, el concepto de cota o límite relativo de Malthus y el problema de la renta de la tierra en David Ricardo en el siglo XVIII

⁵⁴ Incluyendo a Myrdal, Rosenstein-Rodan, Lewis, Singer, Prebish, Ahumada, Furtado, Sunkel y Pinto.

⁵⁵ Georgescu-Roegen, N. "La ley de la entropía y el proceso económico". Fundación Argentaria, Madrid, 1996

Los fundadores de la economía moderna, entre otros Jevons (1879) y Walras (1900)⁵⁶, trataron de crear una ciencia de acuerdo con el modelo exacto de la mecánica, que heredaba de la mecánica clásica, el impedimento de considerar la existencia de cambios cualitativos de carácter permanente en la naturaleza.

De acuerdo con los principios mecanicistas, el proceso económico "no produce cambio cualitativo alguno ni se ve afectado por el cambio cualitativo del entorno, es un proceso aislado, independiente y ahistórico, un flujo circular entre producción y consumo, sin entradas ni salidas". (Georgescu-Roegen, 1996).

La teoría neoclásica de la cual emana la economía ambiental, trasmite a ésta los supuestos que subyacen en el modelo de equilibrio general competitivo: el entorno de una sociedad simétrica, sin clases o sin conflictos entre éstas, el comportamiento "racional" de los agentes⁵⁷, la presencia de una "dotación" inicial de factores (que hace no cuestionar los problemas de distribución) y la competencia perfecta⁵⁸.

A partir de un marco conceptual mecanicista (sin cambios cualitativos), homocéntrico (a partir de valores asignados por seres humanos), utilitario (sólo importa lo que se desea) e instrumentalista, donde la naturaleza sólo es un medio para satisfacer necesidades (Toledo, 1998), la economía ambiental se propone:

- Establecer la importancia económica de la degradación ambiental,
- Investigar las causas económicas de la degradación y
- Diseñar incentivos económicos que atenúen, detengan y reviertan esa degradación, bajo el presupuesto fundamental de que el ambiente no es una entidad separada de la economía y que los cambios en uno, afectan a la otra en una interrelación biunívoca. (Turner *et al*, 1994)

La acumulación de problemas ambientales generados a lo largo de más

⁵⁶ Años en que se publicaron las obras. Las ediciones consultadas son de 1998 y 1987 respectivamente.

⁵⁷ De maximización de utilidad por parte del consumidor sujeto a una restricción de presupuesto, y de maximización de beneficios por parte del productor sujeto a restricciones de costos.

⁵⁸ Con supuestos todavía más restrictivos: múltiples compradores y vendedores incapaces de influir en el precio, conocimiento "perfecto" de los precios, producto idéntico, sin restricciones de entrada a la actividad, sin desventajas para los participantes potenciales.

dos siglos de progreso desigual de la historia moderna, llega a un punto crítico en la década de los sesenta. Para algunos autores (Leff, 1998), la novela "La primavera silenciosa" de la norteamericana Rachel Carson marca un hito en la conciencia ambiental de esos años, que también son testigo de lo que se conoce como "movimiento ambientalista".

De este movimiento, pero desde la visión de la economía, surgen dos posturas teóricas diferentes: la economía ambiental a la que contribuyen numerosos autores, inicialmente Boulding (1966), Kneese y Baumol (1974) y más tarde Pearce (1976), y la economía ecológica.

Esta última retoma los planteamientos de Georgescu-Roegen sobre la segunda Ley de la Termodinámica o Ley de la Entropía, utiliza también algunas de las herramientas de la economía ortodoxa y constituye el polo de crítica sistemática a la economía ambiental. Son representantes de esta última corriente entre otros Hermann Daly (1973) y Robert Costanza (1989).

En la década de los setenta, el economista inglés David Pearce rescató, a partir de la economía del bienestar, aspectos importantes del análisis económico: el método insumo-producto, conceptos de optimización, economía de los recursos no renovables, economía del reciclaje y la conservación, y la cuestión de los límites al crecimiento, y los puso al servicio del análisis de los problemas ambientales.

Un aspecto importante a destacar es que uno de los textos más conocidos sobre economía ambiental⁵⁹, señala que ésta, a diferencia de lo que plantea Georgescu-Roegen para la economía ortodoxa, percibe al sistema económico en que estamos inmersos como un sistema abierto dependiente de la biosfera, que para cumplir con sus funciones extrae recursos del ambiente, los procesa y regresa de nuevo al medio ambiente, una cantidad enorme de desechos.

La economía ambiental también toma como punto de partida las lecciones que se derivan de las leyes de la termodinámica; de allí que considere como uno

⁵⁹ Turner *et al.* (1994). "Environmental Economics. An Elementary Introduction", Harvester Wheatsheaf.

de sus elementos clave el concepto "balance de materiales", cuyo fundamento se encuentra, precisamente, en las dos primeras leyes de esa disciplina.

La economía ambiental ha contribuido a poner de relieve los siguientes hechos:

- El mercado "falla" porque no es capaz de asignar eficientemente los recursos por la presencia de "externalidades",
- La racionalidad del mercado y los procesos de especialización, sustitución y globalización que le son inherentes, han ocasionado que una alta proporción de los recursos naturales se vean amenazados,
- La riqueza de recursos naturales y biodiversidad se concentra en una franja entre los trópicos donde también está concentrada la pobreza. Las metodologías y técnicas para su evaluación económica se han generado en el Norte, lo que plantea un problema irresoluble de intransferibilidad.

2.1.1 Externalidades y cómo se resuelven

Uno de los conceptos medulares de la economía ambiental, tomado de la economía "a secas", es el de externalidad, el cual se desprende de la definición que los economistas ambientales hacen del término contaminación.

Se parte de que la economía es un sistema abierto cuyos procesos básicos, producción, transformación y consumo, involucran la generación de residuos que eventualmente retornan al ambiente (aire, agua o suelo). La acumulación de residuos en un lugar y momento inadecuados, pueden provocar cambios biológicos –o de otro carácter– en el ambiente conocidos como contaminación, cambios que pueden causar daño a los animales, las plantas y su ecosistema; a este último proceso se le conoce como *polución*⁶⁰.

Si los efectos ambientales nocivos causan un daño a la salud humana o afectan negativamente su bienestar, los economistas reconocerán la existencia de *polución* económica, por lo tanto, la definición económica de *polución* conlleva dos

⁶⁰ En español no existe el término *polución*; en los siguientes párrafos se empleará para definir el proceso específico al que se alude en inglés.

tipos de efecto, los fisicoquímicos o biológicos que impactan en el ambiente y la reacción humana ante éstos.

Para los economistas ambientales la sola presencia de *polución* física no significa que exista *polución* económica e incluso, si ésta se presenta no necesariamente tiene que ser eliminada.

En el lenguaje económico, se dice que la *polución* económica produce una pérdida de bienestar por la imposición de un costo externo o externalidad, que puede ir desde la reducción de experiencias placenteras, por ejemplo, ante un desforestado paisaje, hasta la muerte por inhalación de gases tóxicos, pasando por la enfermedad.

El tema de las externalidades –positivas o negativas– estuvo presente en la teoría económica a partir de que Pigou⁶¹ en 1920, sienta las bases para establecer la diferencia entre los costos privados y los públicos. En esa época no se les identificaba con problemas ambientales⁶².

Con el tiempo su significado cambió y en la actualidad las externalidades, uno de los temas más elusivos en la literatura económica (Bohm, 1997), se han convertido en sinónimo de efectos externos en la esfera de la producción y del daño ambiental.

Para Baumol⁶³ los problemas de externalidades ambientales más serios se encuentran en los siguientes ámbitos:

- Disposición de residuos peligrosos,
- Presencia de dióxido de sulfuro, partículas y otros contaminantes de la atmósfera,
- Residuos degradables y no degradables que contaminan las corrientes de agua,
- Pesticidas que llegan a los alimentos,

⁶¹ Arthur Cecil Pigou (1877-19959) fue pionero de una rama de la economía diseñada para guiar las elecciones públicas: la economía del bienestar, introduciendo reglas que de respetarse, aseguran que la toma de decisiones en relación con la externalidades se realice de acuerdo con el interés público.

⁶² Las externalidades podían ser de tipo técnico o monetario

⁶³ Baumol, W. Oates, W. (1988). "The theory of environmental policy". Cambridge University Press. New

- Congestionamiento de las vías urbanas y
- Ruido en áreas metropolitanas.

En la actualidad habría que agregar a esta lista el calentamiento del planeta.

Las economías externas (deseconomías) o efectos externos positivos (negativos) en la producción, son efectos colaterales no pagados de los productos o insumos de un productor en otro productor. La contaminación⁶⁴ ocasionada por un productor que incrementa los costos de otros productores, es quizá, el caso más importante de una externalidad. (Bohm,1997)

Las externalidades implican, como regla, que en una economía competitiva de mercado, los precios de mercado no reflejan los costos marginales de producción y, por tanto, surge una "falla de mercado"; esto significa que la economía de mercado no puede asignar los recursos eficientemente por sí misma.

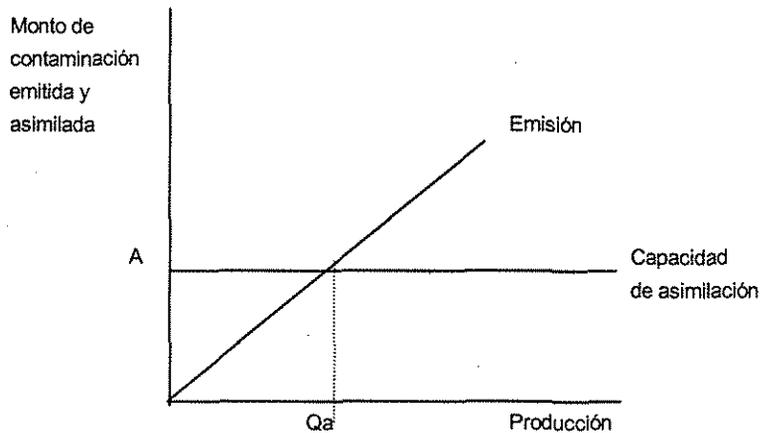
Sin precios que incentiven la reducción de la actividad contaminante, el resultado es una demanda excesiva en relación con la capacidad de asimilación del ambiente. El problema es que ningún precio normal puede cumplir con esta tarea.

York . (p.12)

⁶⁴ En adelante se utilizará contaminación para hacer referencia a la *polución* económica

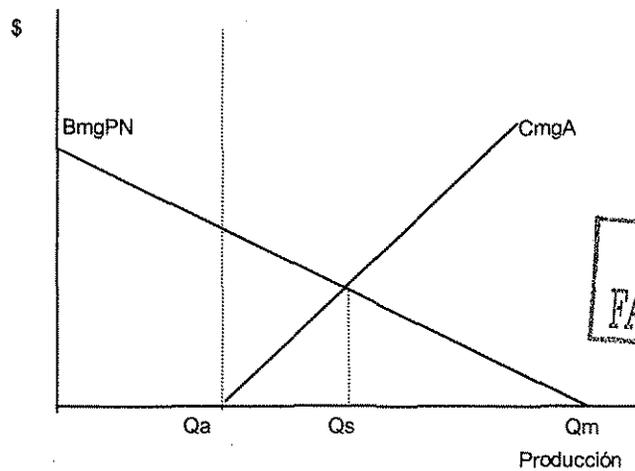
GRÁFICA 1

Producción de acuerdo con la capacidad de asimilación



GRÁFICA 2

Óptimo social y óptimo privado de producción



En la gráfica 1 se muestra la cantidad de producción Q_a , cuando se toma en cuenta la capacidad de asimilación. En la gráfica 2 la producción privada óptima es Q_m donde los beneficios marginales privados netos B_{mgPN} son positivos. La cantidad social óptima es Q_s , donde se igualan beneficios marginales privados netos con costos marginales de abatimiento C_{mgA} . Q_a en la gráfica 1 es el óptimo ambiental.

En un mercado de competencia perfecta -cuyas condiciones⁶⁵ pertenecen al ámbito exclusivo de la teoría-, la maximización de beneficios o la eficiencia se encuentra donde el precio del bien iguala el costo marginal de su producción.

En presencia de un proceso que genera contaminación (un costo para otros) y en ausencia de intervención gubernamental a través de leyes, regulaciones, impuestos o asignando derechos de propiedad, el precio de equilibrio anterior no estaría reflejando el costo total de producción, pues no incluiría el costo social. Incluir estos últimos, esto es, *internalizar* los costos sociales desplazaría la curva de costos hacia arriba incrementando el precio de equilibrio.

Cuando hay una externalidad en la producción, la producción de una empresa se ve afectado directamente por las acciones de otra unidad. En este caso, los equilibrios de mercado son ineficientes; el primer teorema de la economía del bienestar (el "óptimo de Pareto") no se cumple.

La externalidad se puede expresar como sigue:

$$\pi_1 = \max px - c(x)$$

$$\pi_2 = - e(x)$$

donde:

x = unidades de producción y de contaminación generadas por la empresa 1

p = precio del producto

e = costo externo de la empresa 1 en la empresa 2

π_1 y π_2 = beneficios de las empresas 1 y 2 respectivamente

(supone funciones de costos crecientes y convexas y no beneficios para la empresa 1 para simplificación)

La cantidad de equilibrio x_q viene dada por:

$$p = c' (x_q)$$

⁶⁵ Las condiciones para que tal modelo exista son : 1) gran número de compradores y vendedores, 2) información perfecta, 3) los bienes intercambiados pueden ser, en principio, poseídos individualmente y 4) los precios de mercado deben reflejar totalmente los costos de producción y consumo.

Esta cantidad es muy elevada desde el punto de vista social pues sólo tiene en cuenta los costos privados pero no los costos sociales que son los que impone a la empresa 2. Para encontrar la cantidad de producción eficiente (a modo de ejemplo), se plantea que las dos empresas se fusionan a fin de que la primera haga suyo, internalice, la externalidad. En este caso:

$$\pi = \max pX - c(x) - e(x)$$

cuya condición de primer orden sería:

$$p = c'(x_e) - e'(x_e)$$

El nivel de producción x_e es una cantidad eficiente porque iguala el precio con el costo social. (Varian, 1992)

Es evidente que la posibilidad de que la empresa contaminante adquiera la empresa que recibe el daño por contaminación, no es sino una remota posibilidad teórica que en última instancia resolvería el problema de las externalidades en la producción, pero no en el consumo.

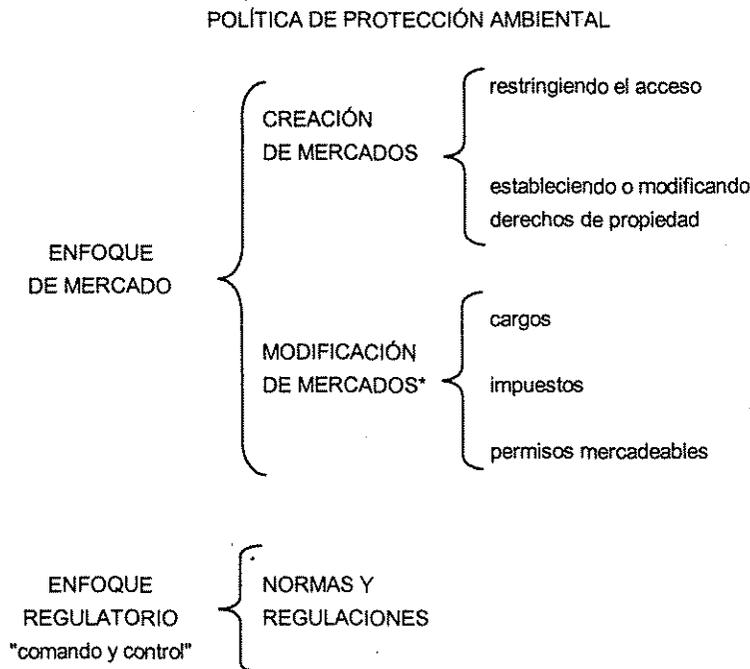
En la práctica, identificar y valorar el significado de las externalidades por *polución económica* es una tarea muy difícil, especialmente porque la mayoría de los bienes ambientales pertenecen a la categoría de "bienes públicos", que la economía ambiental caracteriza como bienes de consumo conjunto y no excluyentes⁶⁶, para los cuales no existe un valor de mercado. Muchos de los bienes públicos son recursos de propiedad común y libre acceso o bien, sobre los cuales no existen derechos de propiedad claramente definidos.

Por lo tanto, para resolver las ineficiencias que plantean la existencia de externalidades, la teoría propone tres herramientas (Varian, 1992): el establecimiento de impuestos "pigouvianos", la creación de mercados para la contaminación y el establecimiento de derechos de propiedad.

Desde una perspectiva más amplia, la economía ambiental (Pearce, 1994)

⁶⁶ Esto es, indivisibles y no exclusivos, aunque también se pueden encontrar bienes ambientales que son no exclusivos y divisibles, y exclusivos y divisibles. Atributos todavía más importantes de los bienes ambientales son su irreversibilidad, unicidad e incertidumbre. (Toledo, 1998)

propone reestructurar los mercados para que los servicios ambientales entren de una manera más eficiente, bajo dos enfoques, uno indirecto representado por incentivos de mercado y otro directo, basado en regulaciones. En conjunto constituyen la base de la política de protección ambiental



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

* Se asignan centralmente los valores a los bienes ambientales

i) Impuestos pigouvianos

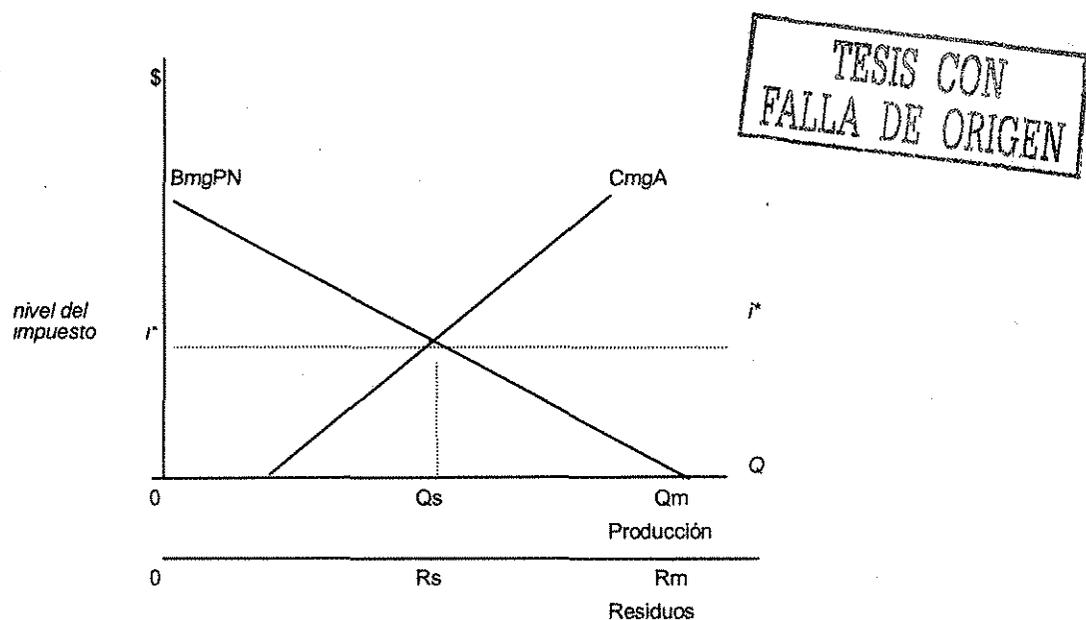
Cuando el precio al que vende una empresa no es eficiente porque no contabiliza los costos sociales, o porque la externalidad se deriva de los atributos de un bien público, se ha propuesto como solución un impuesto que asigne eficientemente los recursos. Se le conoce como impuesto pigouviano⁶⁷.

⁶⁷ Pigou, 1920.

El impuesto pigouviano se utiliza para internalizar el costo externo que un emisor impone a los demás agentes económicos. La autoridad ambiental deberá imponer un derecho por unidad de emisión de contaminante igual al daño marginal producido en las víctimas (Baumol, 1988) o igual al costo de la externalidad (Varian, 1992).

Para ello, es necesario que la autoridad fiscal conozca la función de costos de la externalidad y en opinión de Varian⁶⁸, si llegara a conocerla puede limitarse a indicar la cantidad a producir.

GRÁFICA 3
IMPUESTO ÓPTIMO (PIGOUVIANO) A LA CONTAMINACIÓN



La gráfica 3 ilustra la forma de operar de un impuesto pigouviano. En ausencia de intervenciones externas (del gobierno), la cantidad óptima de producción es Q_m donde los beneficios marginales privados netos son mayores que cero ($B_{mgPN} > 0$). Sin embargo, esa producción genera un nivel de residuos o contaminación máxima igual a R_m . El establecimiento de un impuesto i^* obligaría al contaminador a tomar en cuenta los costos sociales ambientales de su

⁶⁸ Varian, Hal R. (1992). "Análisis microeconómico". Antonio Bosch. Barcelona (p. 509)

actividad, representados por la línea C_{mgA} , de tal manera que se vería obligado a reducir su producción hasta el punto donde el nivel del impuesto sea mayor a su beneficio marginal, en una situación de equilibrio donde el costo social ambiental y el beneficio privado se igualan.

El impuesto pigouviano es un instrumento para alcanzar el “principio del que contamina paga” (*Polluter Pays Principle*, PPP), adoptado por los países de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED) en 1972, y que junto con el no subsidio al contaminador, constituyen los fundamentos económicos de su política ambiental.

El planteamiento básico del PPP es que el precio de un bien o servicio debe reflejar el costo total de producción incluyendo el de todos los recursos naturales usados, ya sea como insumos o como resumideros de residuos, esto es, integrar al ambiente incluyendo su capacidad para asimilar residuos.

Los impuestos “verdes” tienen las siguientes ventajas:

- Su administración a través de las estructuras fiscales existentes reduce el riesgo de evasión, en comparación con las regulaciones que requieren de inspecciones *in situ*,
- A diferencia de las regulaciones, el impuesto incentiva la reducción de contaminantes, pues a medida que éstos disminuyan, el beneficio total de la empresa se incrementa,
- Los impuestos también incentivan a las empresas a depositar fondos para la investigación y desarrollo de tecnologías que reduzcan la contaminación,
- Los impuestos sobre un contaminante pueden reducir las emisiones de algunos contaminantes asociados.

Lo que en la teoría se visualiza como prometedor, en la realidad enfrenta escollos que hacen del establecimiento de impuestos pigouvianos una tarea sumamente difícil, principalmente por la incertidumbre acerca de los costos del daño asociado a un determinado contaminante y por el desconocimiento de la función de costos del contaminador.

La determinación de los costos marginales ambientales, fundamentales para el establecimiento del impuesto, requiere de información científica y económica de los siguientes factores:

- La producción real de bienes de la empresa,
- La "dosis" de contaminantes que esa producción genera,
- La acumulación de contaminantes a largo plazo
- Los efectos de esos contaminantes en el ser humano,
- La respuesta a ese daño,
- La evaluación monetaria del costo del daño

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A estas limitaciones hay que agregar la más importante, que es la pérdida de beneficios por parte de la empresa al tener que reducir su producción y además, estar obligada a utilizar parte de sus utilidades para pagar el impuesto. De allí la oposición sistemática de los sectores empresariales a que el gobierno establezca este tipo de impuestos y en cambio, inclinarse por las regulaciones que son más fáciles de evadir.

Los impuestos pigouvianos pueden ser trasladados en parte a los consumidores, quienes pierden algo de su bienestar anterior (debido a un precio menor del producto antes del impuesto), pero lo ganan en términos de una mejor calidad del ambiente. Su efectividad dependerá de qué tan elástica sea la demanda del producto en cuestión; si es suficientemente elástica, el impuesto podrá ser efectivo.

ii) Derechos de propiedad

Para autores como Baumol, las externalidades pueden ser eliminadas a través de una definición adecuada de los derechos de propiedad, ya que el libre acceso o la ausencia de derechos de propiedad claramente delimitados pone en riesgo los recursos.

Como ejemplo teórico, Varian menciona que los derechos de propiedad (la compensación del daño mediante la compra) deben funcionar en el caso de las externalidades en la producción, pero esta asignación de derechos de propiedad no es útil para alcanzar totalmente la eficiencia, porque no resuelven el problema

de las externalidades en el consumo o el de las externalidades que son bienes públicos.

El exponente clásico del establecimiento de derechos de propiedad y del "regateo" entre contaminadores y afectados es Richard Coase. Uno de sus planteamientos conocido como "el teorema de Coase", señala que sin tomar en cuenta quién detente los derechos de propiedad, existe una tendencia al óptimo social mediante el regateo.

El teorema de Coase dio lugar a un amplio debate y a fuertes críticas. Algunos autores concluyeron que el teorema es importante porque fuerza a los abogados de la intervención ambiental a definir sus términos y justificar sus planteamientos más cuidadosamente, pero que existen muchas razones por las cuales el regateo no puede ocurrir.

Se ha señalado que las formas de propiedad comunales y estatales son una de las causas de la degradación ambiental en los países en desarrollo y existe una gran presión para privatizarlas. A partir de la década de los ochenta, la privatización de la propiedad estatal ha sido una constante que forma parte de la nueva economía global. Pero ni la propiedad privada ni la pública son garantía para la conservación de los recursos.

En cuanto a la propiedad comunal, existe la evidencia empírica de que puede ser exitosa y de que también puede fracasar. Como en el resto del mundo, los problemas ambientales en los países en desarrollo son atribuibles al funcionamiento de la economía, pero se agravan por el poco desarrollo de sus instituciones.

iii) Creación de mercados

Una de las formas de reestructurar un mercado para que los bienes y servicios ambientales participen en el mercado de manera más eficiente, es mediante la creación de un mercado para bienes que anteriormente eran gratuitos, restringiendo el acceso a los servicios ambientales mediante a) un cargo a este acceso o b) un cargo al derecho de propiedad sobre dichos servicios.

Según Varian la introducción de un mercado para que una empresa exprese su demanda de contaminación o de reducción de contaminación, constituye un mecanismo para asignar eficientemente los recursos. El precio de la contaminación de equilibrio sería un número negativo, puesto que la contaminación no es un bien, sino un mal.

El problema con el que se enfrenta la teoría nuevamente, es que los mercados de contaminación son muy limitados y que por ello, no existe ninguna razón para pensar que un mercado de este tipo se comportará competitivamente.

2.2 La respuesta en la práctica: la política de protección ambiental

Las propuestas teóricas de solución al problema de las externalidades ambientales desembocan en la política de protección ambiental en la que se pueden distinguir tres grupos de medidas: a) las que tienen como punto de partida el enfoque de mercado, b) las que se derivan del enfoque regulatorio y c) los derechos de propiedad.

2.2.1 Instrumentos en torno al mercado

Los instrumentos o medidas de incentivación económica incluyen a todas las herramientas económicas que de una u otra manera influyen en: a) la conducta ambiental de los agentes y b) el uso de los recursos. Estas medidas pueden tomar las siguientes formas: (Turner, 1994):

- una alteración directa en costos o en precios
- una alteración indirecta en costos y precios vía financiamiento o tributación
- la creación y apoyo a mercados.

En el primer caso, la alteración ocurre cuando se imponen cargos a los productos o a los procesos que generan esos productos: cargos a emisiones o a insumos.

Las alteraciones indirectas surgen cuando se otorgan subsidios directos, créditos blandos o incentivos fiscales (depreciación acelerada) para inducir

tecnologías ambientales limpias. También cuando se aplican "incentivos" para el cumplimiento, ya sean multas o bonos de cumplimiento.

La creación de mercados se da generalmente por un cambio en la legislación o en las regulaciones: permisos de emisión mercadeables, subasta de cuotas como resultado de limitar las emisiones en ciertas áreas. El apoyo a mercados tiene lugar cuando se asume la responsabilidad de estabilizar los precios o ciertos mercados.

La mayor parte de los instrumentos económicos empleados en el ámbito mundial son cargos, en menor medida subsidios y en forma marginal se utilizan sistemas de recuperación de fondos y esquemas de mercadeo.

En México, por ejemplo, los instrumentos económicos aplicados a la solución de problemas ambientales son mínimos, están limitados a los contribuyentes mayores del sector industrial y pertenecen al ámbito de la política tributaria y de precios y tarifas (Budedo,1997). Estos instrumentos son:

- Un incentivo fiscal (creado en 1996) que consiste en deducir el 100% del monto de las inversiones en equipo para prevenir y controlar la contaminación ambiental y la destinada a la conversión de los equipos a consumo de gas natural. La depreciación acelerada en compras de equipo anticontaminante y de inversiones que se utilicen en planta productiva, sólo aplica al caso de los causantes mayores y para inversiones fuera de las zonas metropolitanas del D.F., Guadalajara y Monterrey.
- El pago de un derecho por el uso de cuerpos de agua y terrenos nacionales como cuerpos receptores de aguas residuales.
- La exención arancelaria para el sector industrial en la importación de maquinaria para el control de la contaminación; este beneficio no ha sido extendido al sector agropecuario

2.2.2 Las medidas "compulsivas"

El sistema regulatorio directo de "comando y control" ("norma y castigo" para algunos autores), propone dos opciones que el contaminador seleccionará en

función del costo de abatimiento y del pago del cargo. Los contaminadores para los cuales el costo de control es muy alto preferirán pagar el derecho y aquellos con un bajo costo optarán por instalar equipo de tratamiento. De esta forma, el costo total de cumplimiento tenderá a disminuir.

A pesar de que las regulaciones directas se consideran ineficientes, los sistemas de control de la contaminación en funcionamiento en los países industrializados y en varios países en desarrollo incluido México, se basan en este tipo de regulación. Entre las varias fuentes de ineficiencia del enfoque de comando y control se encuentran:

- Requiere que la agencia reguladora emplee recursos para obtener información que los contaminadores poseen. Se supone que los contaminadores conocen mucho mejor que el gobierno el costo de abatimiento de una emisión contaminante.
- Los contaminadores tienen que cumplir con un determinado estándar sujeto generalmente a un tipo de tecnología, por ejemplo, “la mejor tecnología de control disponible” (*Best Available Control Technology*”, mejor conocida por sus siglas en inglés, BACT), o a otras tecnologías que también son de “final de tubería”. Con estas tecnologías, los costos de control para no rebasar los mínimos permitidos serán diferentes para cada contaminador.
- Una vez establecida una regulación no existe ningún incentivo para reducir la contaminación por debajo de los límites de aquella,
- Se limita la selección de técnicas y puede sesgar las soluciones tecnológicas y la investigación y desarrollo hacia soluciones de final de tubería, lo que crea un cierto conflicto no siempre necesario entre el desarrollo tecnológico, el ambiente y la competitividad.

Las regulaciones directas así como el PPP, otorgan un derecho *de facto* al contaminador a descargar un nivel de efluente aceptable libre de cargos y una vez alcanzado este nivel ya no hay incentivos para reducirlo.

2.3 Sumándose a la estrategia internacional

El enfoque regulatorio o de comando y control (límites de emisión, permisos, licencias, etc.) tiene su traducción práctica en la elaboración de normas de tipo técnico, por lo general para ramas específicas de la actividad económica, en las que se establecen límites máximos para la emisión de los parámetros de contaminación más importantes.

En la mayor parte del mundo, pero sobre todo, en los países desarrollados con los cuales México ha establecido relaciones comerciales a través de tratados y acuerdos, especialmente EUA, Canadá y con los países de la Unión Europea, las descargas de aguas residuales de la porcicultura están controladas con base en este tipo de regulación.

Como parte de la Política Agraria Común se deben acatar regulaciones de tipo general en todos los países de la Unión Europea, pero cada país e incluso, cada región en lo particular puede introducir normas especiales.

Por ejemplo, en Holanda donde la población porcina casi duplica a la población humana, la descarga está prohibida y los desechos sólidos deben almacenarse bajo cubierto en tanto pueden ser aplicados al terreno agrícola. El número de animales que un productor puede detentar está en función de la cantidad de terreno disponible para aplicar las excretas.

En nuestro país, la elaboración de normas técnicas tiene una historia que data de la década de los setenta; en 1971, se emite la primera ley de carácter ambiental, la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y dos años más tarde, en 1973, se publica el reglamento correspondiente en el cual, por primera vez, se establecen límites para cinco parámetros en las descargas de aguas residuales:

- Contenido de grasas y aceites no mayor a 70 mg/l
- Sólidos sedimentables no mayor a 1ml/l
- Temperatura no mayor de 35°
- Ningún cuerpo flotante que pueda ser retenido por una malla de 3 mm de claro libre cuadrado

- Potencial hidrógeno (pH) debe ser de 4.5 a 10 unidades

Este reglamento, muy laxo en parámetros como las grasas y aceites, fue por muchas razones de escaso cumplimiento por parte de los productores de cerdos. En 1991 se deroga cuando se incluye en la Ley Federal de Derechos (LFD) un apartado en materia de agua, donde se establece que las empresas con descargas mayores a tres mil metros cúbicos mensuales, deberían cumplir con los límites máximos establecidos para dos parámetros de contaminación:

- 300 mg/l para la demanda química de oxígeno
- 30 mg/l para los sólidos suspendidos totales

Tanto límites como parámetros son los clásicos para las descargas de aguas residuales municipales. Las descargas de las granjas porcinas pueden tener enormes variaciones, pero una descarga típica contendría una demanda química de oxígeno de 27,515 mg/l y 22,013 mg/l de sólidos suspendidos totales.

Pero el problema más grave, es que tanto los límites del Reglamento de 1973 como los de la LFD, no se fijaron en función de las necesidades de un determinado cuerpo de agua, de su capacidad de dilución, ni de las posibilidades de reuso del agua residual.

En forma paralela, a partir de 1992, año en que se emiten la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y la Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMN) que se modifica en 1997, la Comisión Nacional del Agua (CNA), entidad encargada de la administración de los recursos hidráulicos y el Instituto Nacional de Ecología (INE) fueron fijando, la primera, condiciones particulares de descarga para empresas en lo particular y el segundo, normas sobre descargas de aguas residuales para determinadas ramas industriales.

Durante un período que va de 1988 –año en que promulga la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, modificada en 1996)– a 1994, año en que se crea la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca⁶⁹ (SEMARNAP), cuatro secretarías de estado, con base en las

⁶⁹ Ahora sólo Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

leyes y reglamentos a su cargo, tenían algún tipo de ingerencia en la normatividad, operación y administración del recurso agua: las Secretarías de Desarrollo Social (SEDESOL), Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Salud (SS) y Hacienda y Crédito Público (SHCP):

CUADRO 3.1 DEPENDENCIAS CON INGERENCIA EN ASUNTOS AMBIENTALES

Dependencia	Legislación	Fecha
SEDESOL	Ley Federal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	enero, 1988
SS	Ley General de Salud	junio, 1991
SHCP	Ley Federal de Derechos (en Materia de Agua)	julio, 1992
SARH	Ley de Aguas Nacionales	Diciembre, 1992

Con la publicación de la Ley Federal de Metrología y Normalización en 1992, se pone en marcha un proceso de sustitución de normas técnicas por Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de observancia obligatoria en asuntos que involucraran la salud, la seguridad y el medio ambiente. Adicionalmente, con la creación de la SEMARNAP en 1994, dos de las leyes que normaban el recurso agua quedan bajo una sola administración, lo que en teoría permite una mayor coherencia en la política ambiental.

El esfuerzo realizado de 1992 a 1996 para la elaboración de cuarenta y cuatro NOM's sobre descargas de aguas residuales para diversos giros productivos, queda cancelado en 1996, año en que se inician los trabajos para contar con una norma genérica con un enfoque diferente.

Resultado de este proceso fue la publicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996⁷⁰, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes

⁷⁰ NOM-001 o norma 001 a partir de aquí.

nacionales⁷¹, en el Diario Oficial de la Federación del 6 de enero de 1997 y entra en vigor al día siguiente de su publicación. Esta norma sustituye 44 normas técnicas elaboradas anteriormente y hace voluntario el cumplimiento de las Condiciones Particulares de Descarga (CPD) que la comisión Nacional del Agua había establecido para determinadas empresas.

2.2.3 Norma sobre descargas de aguas residuales

La NOM-001 cuyo objetivo es proteger la calidad de las aguas y bienes nacionales, revertir su deterioro y posibilitar los usos posteriores del agua, responde a un concepto totalmente distinto del problema. A diferencia de las normas anteriores, la NOM-001 regula el cuerpo receptor y no la actividad que realiza la descarga y establece los mismos límites máximos permisibles (LMP) para todas las actividades en función de dos elementos: el tipo de cuerpo receptor⁷² y el uso posterior que se haga del agua.

Considerando los antecedentes de incumplimiento de las anteriores normas y la queja permanente de los usuarios sobre la discrecionalidad y, en no pocas ocasiones, corrupción por parte de la autoridad, la NOM-001 establece plazos de cumplimiento diferentes para los distintos tipos de usuario.

Se asocia a la NOM-001 el pago de un derecho con el objeto de forzar su cumplimiento. El 28 de diciembre de 1997, mismo año en que entra en vigor la norma 001, se publican en el DOF las modificaciones a la Ley de Ingresos, determinándose en materia de agua el pago de un derecho por rebasar los LMP de la norma. La cuota se ajusta cada seis meses.

⁷¹ Una lista no exhaustiva de las aguas y bienes nacionales incluye las aguas de mares territoriales, aguas marinas interiores, lagunas y esteros, lagos y lagunas interiores, ríos y sus afluentes, manantiales, las aguas del subsuelo, playas y las zonas federales correspondientes a los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores, los terrenos ocupados por los vasos de lagos, lagunas y esteros, las obras de infraestructura hidráulica financiada por el gobierno federal, entre ellos los drenes, etc. Ver párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; los artículos 3º y 113 de la Ley de Aguas Nacionales. Definiciones más precisas de estuario, humedales naturales, suelo, etc. se encuentran en la propia norma.

⁷² Cuerpo receptor son las aguas y bienes nacionales donde se vierten aguas residuales (Ver definición 3.10 de la norma.

a) Cuerpo receptor y uso posterior del agua residual

La NOM-001 considera cinco tipos de cuerpo receptor: ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales naturales. De acuerdo al uso posterior que se le dé al agua, estos cuerpos receptores se clasifican en A, B o C, según su capacidad de dilución, con una cuota diferencial para el pago de los derechos que se establecen en la Ley Federal de Derechos. Los drenes, aunque no lo explicita la norma, quedan incluidos en los embalses artificiales

En un país donde el agua es un recurso escaso, su reuso es de vital importancia, sin embargo, anteriormente sólo se había regulado el reciclaje de agua residual para el riego agrícola⁷³. Con esta norma se regulan los parámetros de contaminación de la descarga en función de los usos que posteriormente se dé al agua; éstos pueden ser riego agrícola, abasto público urbano y cuando el cuerpo receptor son las aguas costeras, los usos pueden ser la explotación pesquera, navegación, recreación y otros.

CUADRO 3.2 CUERPO RECEPTOR Y USOS POSTERIORES DEL AGUA

Cuerpo receptor	Usos posteriores del agua
Ríos	Riego agrícola
Embalses naturales y artificiales	Abasto público urbano
Aguas costeras	Explotación pesquera
Suelo	Navegación
Humedales naturales	Recreación
	Otros

Fuente: NOM-001

b) Límites máximos permisibles (LMP)

Se establecen para potencial hidrógeno, para dos patógenos (coliformes fecales y huevos de helminto), ocho contaminantes básicos, ocho metales pesados y cianuro.

Para coliformes fecales (CF) el LMP es de 1000 CF como número más probable (NMP) por cada 100 ml, si se toma el promedio mensual de las muestras y de 2000 si se considera el promedio diario. El potencial hidrógeno (pH) se

⁷³ La NOM-003-ECOL-1997 regula diferentes reusos del agua residual tratada cuando se emplea en diversos servicios al público: fuentes, riego de jardines, camellones, y otros usos recreativos.

establece entre 5 y 10 unidades.

El agua residual empleada en riego agrícola, tendrá que cumplir con un LMP de cinco huevos de helminto por litro de agua cuando el riego es restringido (esto es, que se puede regar cualquier cultivo excepto legumbres y verduras que se consumen crudas) y de un huevo para riego no restringido (cuando se aplica a cualquier cultivo incluyendo forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras).

CUADRO 3.3 CONTAMINANTES QUE REGULA LA NOM-001

Parámetros básicos	Metales pesados y cianuros	Parámetros Bacteriológicos
Potencial hidrógeno	Arsénico	Coliformes fecales
Temperatura	Cadmio	Huevos de helminto
Grasas y aceites	Cianuro	
Materia flotante	Cobre	
Sólidos sedimentables	Mercurio	
Sólidos suspendidos totales	Cromo	
Demanda bioquímica de oxígeno	Níquel	
Nitrógeno total	Plomo	
Fósforo total	Zinc	

Fuente: NOM-001

Cuando el cuerpo receptor es el suelo agrícola que se va a regar con agua residual, no se aplican seis de los parámetros básicos: temperatura, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total y fósforo total.

La norma establece que no es necesario hacer el análisis de aquellos parámetros de contaminación cuando se demuestre que, por las características del proceso productivo o por la manera como se usa el agua, estos contaminantes no se generan o se generan en concentraciones insignificantes.

Los LMP para contaminantes básicos, metales pesados y cianuros se muestran en las Tablas 1 y 2 del Anexo.

c) Gradualidad

La NOM-001 es de aplicación gradual en función de la carga contaminante de la descarga medida por la demanda bioquímica de oxígeno o los sólidos

suspendidos totales. Sin embargo, la gradualidad alude únicamente al cumplimiento ambiental ya que, desde el punto de vista fiscal, los usuarios que no cumplieron con los LMP estarían obligados a pagar un derecho a partir del primer trimestre de 1997, salvo que hubieren presentado un Programa de acciones donde establecieran un compromiso de construcción de obra y adquisición de equipo para el manejo del agua residual.

CUADRO 3.4 PLAZOS DE CUMPLIMIENTO PARA LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES

FECHA DE CUMPLIMIENTO	CARGA CONTAMINANTE	
	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)
1° de enero 2000	mayor de 3.0	mayor de 3.0
1° de enero 2005	de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0
1° de enero 2010	menor de 1.2	menor de 1.2

Fuente : NOM-001

d) Programa de acciones

Poco después de la publicación de la NOM-001, el 27 de marzo de 1997, apareció en la DOF el Programa de acciones para el cumplimiento de la norma. Se otorgaron plazos para la entrega de este Programa de acuerdo con la carga contaminante de la descarga de la granja y se eximió del pago de los derechos correspondientes a aquellas granjas que aun rebasando los límites, hubieran entregado el Programa.

El Programa incluía dos formatos: Programa de acciones para mejorar la calidad de las descargas de las aguas residuales, PAMCAR y Programa de acciones para mejorar la calidad de las descargas de aguas residuales, SECTRA, donde se plasmaba un compromiso de construcción de obra y/o compra de equipo por parte de usuario. Algunos porcicultores presentaron la obra ya realizada como Programa de acciones.

Información proporcionada por la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en Michoacán, muestra que 27 granjas (60% del padrón de la CNA) de La Piedad habían presentado un Programa de acciones. De éstas, ocho estaban

descargando a un cuerpo de agua: Arroyo Domínguez, Arroyo Zináparo, Canal "innominado", Río Lerma (2), Arroyo Hondo, Arroyo "innominado".

En la Gerencia Estatal de la CNA de Celaya, Gto. la situación es similar: prácticamente todos los productores pecuarios habían entregado un Programa de acciones y por tanto estaban cumpliendo con la norma. Se informó, además, que no se imponían sanciones por razones técnicas, sino sólo por motivos administrativos.

Es sumamente difícil para las gerencias estatales de la CNA que carecen de los recursos humanos necesarios⁷⁴, dar seguimiento a cada uno de los Programas y constatar que lo establecido en el Programa de acciones se cumpla en la granja.

2.3.2 Análisis costo beneficio, tratamientos y porcicultura

Por exigencias de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la puesta en marcha de una norma oficial mexicana requiere, además de un amplio proceso de participación y consulta, un estudio de costo-beneficio positivo que garantice la viabilidad económica de la norma.

Para la NOM-001 se realizó un análisis de costo-beneficio (Rojas, *et al.* 1997), que concluyó, con base en supuestos "conservadores,"⁷⁵ que la norma era viable económicamente para tasas de descuento menores al 11.5%.

El cálculo de los costos incluyó la suma de la inversión a realizar por parte de los municipios para la construcción de plantas de tratamiento (costos públicos) y la inversión, para estos mismos fines, de cinco giros industriales representativos por las características de su descarga (costos privados). Las industrias seleccionadas fueron: azucarera (sin considerar la producción de alcoholes), química, celulosa y papel, petrolera y hierro y acero.

⁷⁴ Funcionarios de la Gerencia Técnica informaron que el promedio de inspectores en cada estado está entre 4 y 6 personas.

⁷⁵ Lo conservador se refiere a tasas de crecimiento de la población de 2.5 % anual y una dotación de 200 a 250 l/hab/día con un porcentaje de retorno de 90% (uso consuntivo de 10%)

Por el lado de los beneficios, tanto públicos como privados, se contabilizaron los siguientes conceptos: 1) disminución de mortalidad y morbilidad por enfermedades gastrointestinales, 2) disminución de mortalidad causada por sustancias tóxicas, 3) sustitución de cultivos, 4) ahorro por potabilización, 5) no recurrencia a fuentes alternas, 6) incremento en el valor de los terrenos alrededor de los embalses y ríos, 7) exención de pago de derechos de uso de agua clara.

Dada la caracterización de las descargas, las propuestas tecnológicas en las que se basan las estimaciones de costos contemplan un tratamiento secundario, sin embargo, esto no es posible en el caso de la porcicultura.

En esta actividad, cumplir con los LMP de la norma cuando se descarga a cuerpos receptores, significa poner en práctica sistemas de tratamiento terciarios, puesto que la carga orgánica es mucho mayor que en las ramas industriales incluidas en el análisis costo-beneficio de la norma.

CUADRO 3.5 CARGA ORGÁNICA DE CINCO INDUSTRIAS Y DE LA PORCICULTURA

INDUSTRIAS	SST mg/l	DBO Mg/l
Fabricación de azúcar		
Crudo	59	149
Estándar	335	714
Refinado	305	1091
Industria Química		
Ácidos, bases y sales	1452	13
Resinas y hule sintético	896	428
Industria farmacéutica	463	562
Plaguicidas	376	209
Celulosa y papel		
Petrolera		
Hierro y acero		
Porcicultura*	23,013	7238

Fuente: Rojas *et al.*, 1997

Porcicultura: Taiganides *et al.* 1997

* Supone 18 litros por población porcina en pie

El artículo citado no explica con detalle la forma como fueron cuantificados los beneficios de la norma. Señala que para evaluar los beneficios de la disminución de mortalidad causada por sustancias tóxicas se emplearon los siguientes datos: la probabilidad de ocurrencia de una muerte por cáncer en un millón de habitantes (dato de la *Environment Protection Agency*, EPA de los EUA como fuente); una estimación de crecimiento de la población de 2.5% anual que arroja un total de 104 millones de habitantes para el año 2000 y un “valor económico de una vida” (*sic*) –en términos de su aportación a la economía del país– de 84,241.58 pesos por habitante⁷⁶.

Aunque los autores reconocen que la determinación del valor de una vida no es un asunto trivial y que tiene que ver con conceptos ético y morales, resulta imposible la aplicación del análisis costo-beneficio sin caer en supuestos insostenibles sobre el “valor de uso” de la vida humana para estimar los beneficios de una medida ambiental.

En la estimación del beneficio por la disminución de la mortalidad por enfermedades gastrointestinales se considera que con norma 001 se puede reducir anualmente un 50% del número de muertes, sin indicar en qué período. Si esto llegara a suceder ¿se podría atribuir a la puesta en marcha de la norma? ¿Cómo se pueden aislar los efectos de la norma de otras medidas como es la potabilización de agua?

Respecto de la sustitución de cultivos, el análisis costo-beneficio de la norma menciona que de un total de 516 m³ de aguas residuales generadas en el país, 252 m³ se aprovechan para cultivos. Considerando una lámina bruta de riego promedio de 2.0 m. se irrigan alrededor de 398,680 hectáreas con aguas residuales, es decir el 7.0% de la superficie de riego.

Los autores plantean que el tratamiento de las aguas residuales destinadas a riego no sólo puede incrementar el rendimiento sino puede haber sustitución de cultivos por otros más rentables, sobre todo en el 70% de los distritos que riegan

⁷⁶ Relación Producto Interno Bruto entre Población Económicamente Activa con cifras de 1993 actualizadas a 1996

con mayor concentración de aguas residuales⁷⁷. De tal manera que el maíz se puede sustituir por el chile, la alfalfa por el jitomate y el frijol por hortalizas. Se calcula el beneficio para niveles de tratamiento B y C de la norma con base en los costos y precios de los cultivos involucrados.

El cálculo del beneficio ignora que existen cadenas de comercialización establecidas, que hay una política agrícola que privilegia ciertos cultivos y que sustituir el frijol por hortalizas representa un reto agronómico de dimensiones enormes.

En los EUA se han llevado a cabo estudios para medir los beneficios del mejoramiento en la calidad del agua para que la EPA pueda comparar estos beneficios con los costos involucrados en la ley de agua limpia (*Clean Water Act*) a escala nacional⁷⁸. Una revisión de los estudios realizados en los últimos 25 años sobre los métodos desarrollados para cuantificar los beneficios ambientales (incluyendo el estudio sobre la ley de agua limpia), llega a la conclusión de que el análisis de costo-beneficio a niveles agregados es de una utilidad muy limitada para el mejoramiento de la política ambiental (Cropper, 2000)

Más allá de las consideraciones de índole ética que sobre la vida humana plantea la aplicación del análisis costo-beneficio a las cuestiones ambientales, los economistas ambientales reconocen que se requiere más investigación aplicada para determinar la parte más sensible de este análisis que es la categoría de beneficios. También reconocen que el tipo de investigación que necesitan los diseñadores de política en las dependencias de gobierno, no es la que se considera más prestigiosa desde el punto de vista profesional, por lo que tampoco se ha avanzado mucho en ese terreno (Cropper, 2000)

La cuantificación de los beneficios de la norma 001 es poco realista; algunas de las estimaciones de las que parte son erróneas (la población en el año 2000); los tratamientos secundarios no son suficientes para alcanzar sus

⁷⁷ Tula, Valsequillo, Alfajayucan y Chiconautla-Chalco

⁷⁸ Has Economic Research Answered the Needs of Environmental Policy?. Maureen L. Crooper, *Journal of Environmental Economics and Management* 39, 328-350 (2000)

parámetros en varios giros económicos. El análisis costo-beneficio no es convincente por el nivel de agregación al que se trabaja. No todas las actividades económicas pueden alcanzar sus parámetros con un sistema de tratamiento secundario.

Conclusiones del Capítulo 2

1ª La economía ambiental reconoce la incapacidad del mecanismo de mercado para asignar precios a los bienes y servicios ambientales. Su tarea, entonces, consiste en diseñar una serie de instrumentos y acciones externas (intervención del gobierno), para introducir esos bienes y servicios ambientales al mercado y a las funciones de costos de las empresas.

2ª La teoría proporciona diferentes instrumentos de política ambiental para reestructurar los mercados, en la práctica el instrumento más empleado son las regulaciones (medidas de "comando y control"), que los países más desarrollados han puesto en marcha a lo largo del siglo XX. En los países en desarrollo la aplicación de políticas ambientales no tiene más de tres décadas y la estrategia se basa casi exclusivamente en esquemas regulatorios.

Esta estrategia ambiental, exitosa en algunos casos (contaminación del agua en EUA y la UE) e inútil en otros (emisiones de clorofluorocarbonados a la atmósfera), ha sido apuntalada en los países desarrollados con el empleo de enormes subsidios y gracias al gran desarrollo de sus instituciones.

3ª Si la estrategia ambiental ha sido limitada en los países más ricos del planeta, lo es todavía más en los países en desarrollo, donde no se cuenta con los recursos para subsidiarla ni con las instituciones adecuadas para diseñarla, dirigirla y evaluarla.

4ª En México se dio un paso atrás en la política de control ambiental para el recurso agua, al sustituir 44 normas sobre descargas de aguas residuales, por una de tipo genérico.

ANEXO

TABLA 2
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS						AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES					
	Uso en riego Agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego Agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)		(B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia flotante (3)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspendedos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrogeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

P.D. = Promedio Diario
 N.A. = no aplicable
 P.M. = Promedio mensual

(1) Instantáneo
 (2) Muestra Simple Promedio Ponderado
 (3) A: Ausente según método de NMX-AA-006.

Coliformes fecales: 1000 NMP en 100 ml (promedio mensual); 2000 NMP in 100 ml (promedio diario)
 Ph: 5-10 unidades

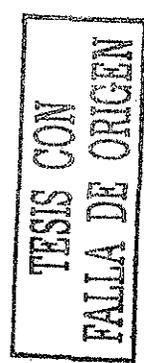


TABLA 3
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS						AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES							
	Uso en riego agricola (A)		Uso público Urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agricola (A)		Uso público Urbano (B)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agricola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.1	0.2
Cianuro	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	6.0
Cromo	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005
Níquel	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0
Plomo	0.5	1.0	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(*) Medidos de manera total

P.D. = Promedio Diario

P.M. = Promedio Mensual

N.A. = No aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

Capítulo 3. Modelo de internalización en la porcicultura: el espacio de estudio

- 3.1 “Internalizando” en la porcicultura
 - 3.1.1 Internalización como inversión en sistemas de tratamiento
 - i) Características de la granja
 - ii) Los sistemas de tratamiento
 - iii) La normatividad vigente
 - 3.1.2 Internalización como pago de un derecho
 - 3.1.3 Internalización como inversión y como pago de un derecho.

- 3.2 El método de la investigación
 - 3.2.1 Las fuentes de información
 - 3.2.2 Selección de la muestra
 - i) Universo de estudio
 - ii) Población, marco y unidad de muestreo
 - iii) Diseño de muestreo
 - 3.2.3 El cuestionario
 - 3.2.4 Levantamiento de encuesta y análisis de agua
 - 3.2.5 Muestra calculada y muestra levantada
 - 3.2.6 El modelo estadístico

- 3.3 Los resultados
 - 3.3.1 Descripción de la actividad
 - i) Modalidad
 - ii) Escala de producción
 - iii) Concentración de la producción
 - 3.3.2 Cantidad y calidad del agua
 - 3.3.3 Sistemas de tratamiento y niveles de remoción
 - 3.3.4 Internalización del costo ambiental
 - i) Inversión en sistemas de tratamiento
 - ii) Pago de derechos
 - 3.3.5 Reciclaje
 - i) Producción de biogas
 - ii) Alimento animal
 - iii) Fertilizante orgánico

Conclusiones del capítulo

Lista de cuadros del texto

Apéndice estadístico

Anexos

Resumen

El enfoque regulatorio o de "comando y control", a pesar de su extenso uso, es objeto de fuertes críticas; se reconoce que es fácil de evadir, difícil de administrar y que, además, es ineficiente desde el punto de vista ambiental. Pero conocer el funcionamiento de una regulación en un sector particular de la actividad económica requiere estudios específicos. El objetivo de este capítulo es conocer las características de la internalización del costo ambiental con base en una regulación, en una actividad primaria que es la producción de cerdos, en una zona porcícola representativa. Se analiza la mecánica de la internalización de una norma mediante la inversión y gasto de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento, mediante el pago de un derecho por no cumplir con los límites máximos de la norma o bien, con una combinación de ambos. El estudio se basa en una encuesta llevada a cabo en 33 granjas durante los meses de abril y mayo de 1999, en un muestreo de agua residual en 11 granjas de la muestra efectuado en septiembre de 1999 y en entrevistas a poricultores, directivos de las Asociaciones Locales de Porcicultores y a funcionarios en los estados de Guanajuato y Michoacán. Investigaciones previas sobre la zona y la información recabada permitieron contar con un diagnóstico de la porcicultura –su magnitud, modalidad, escala de producción, nivel de tecnificación– y con una descripción adecuada de la infraestructura para tratamiento, formas de manejo y reciclaje de residuales, niveles de remoción alcanzados y, sobre todo, tener una aproximación al costo ambiental de las granjas en la zona. La pregunta ¿qué lleva al productor a invertir en sistemas de tratamiento o sea, a internalizar el costo ambiental? se trató de responder mediante el empleo de un modelo de regresión lineal múltiple, utilizando variables como el tamaño de la granja, su modalidad, el sistema de tratamiento empleado o el cuerpo receptor, como variables explicativas de la inversión realizada en sistemas de tratamiento. Los resultados fueron limitados porque el problema ambiental es un problema complejo en el que intervienen numerosos elementos que no se relacionan entre sí de una manera lineal.

3.1 "Internalizando" en la porcicultura

En sentido estricto, la internalización del costo ambiental por los poricultores debía considerar el conjunto de costos en que incurren los receptores de los daños ambientales ocasionados por la operación de las granjas porcinas. Estos costos incluirían los siguientes conceptos:

- a) erogaciones en médicos y medicinas efectuados por aquellos que padecen enfermedades gastrointestinales derivadas de los niveles de patogenicidad de los cuerpos de agua,
- b) el gasto efectuado por los gobiernos locales o por la dependencia federal encargada de llevar a cabo el interminable programa de control del lirio acuático,

- c) la pérdida de ingresos por la desaparición de especies acuáticas de valor económico,
- d) el desembolso en la compra de agua embotellada, y si fuera posible valorizar, se tendría que incluir:
- e) la reducción de la biodiversidad que en alguna época tuvo el río Lerma, y
- f) la pérdida generalizada de bienestar por la presencia de malos olores y de un paisaje deteriorado por la acumulación de toda clase de basura (por ejemplo, los envases de plástico para agua) y excretas en las márgenes del río, en el dren de alivio, en los pequeños canales naturales y a orillas de las carreteras.

Valorizar y cuantificar la mayor parte de estos gastos y costos es una tarea de una dificultad extrema y tratar de asignarlos en forma equitativa a la contabilidad de los diferentes usuarios que descargan aguas residuales en los tramos del río Lerma que se localizan en la zona estudio, se antoja una tarea si no imposible, sumamente compleja.

Por tal motivo, como vimos en el capítulo anterior, se han creado una serie de instrumentos de política ambiental, como las normas o regulaciones, que tienen que ver con determinaciones más simples, como el empleo de una cierta tecnología de tratamiento, que con la valorización real –social y biológica– del daño ambiental.

En tales condiciones, el costo ambiental se limita al costo de la norma y puede expresarse:

- como inversión en un sistema de tratamiento que permita descargar un efluente que cumpla con la normatividad,
- como pago de un derecho por rebasar los LMP de contaminantes de la NOM-001 cuando no hay sistema de tratamiento, y
- como inversión y pago del derecho cuando el sistema de tratamiento no es eficiente desde el punto de vista de la normatividad.

Puede suponerse que en virtud de la obligación ambiental de cumplir con todos los parámetros de la norma el primero de enero del año dos mil, en las

granjas grandes¹ se estarán realizando inversiones en instalaciones para no rebasar los LMP de la norma.

En el caso de las granjas medianas y pequeñas, no necesariamente se estará internalizando el costo ambiental dado que los plazos para cumplir con la norma son más largos. Sin embargo, la presión de las autoridades locales y federales –presión no pocas veces discrecional y poco transparente– para obligar a mejorar y controlar la calidad de las descargas, data de muchos años atrás. Por tal motivo, también las granjas medianas y pequeñas, sobre todo las que están a la orilla de la carretera o colindando con núcleos de población, han invertido en obras y equipo de tratamiento, con objeto de evitar multas y otras sanciones, en ocasiones extralegales.

3.1.1 Internalización como inversión en sistemas de tratamiento

¿Qué puede inducir al poricultor a invertir en sistemas de tratamiento y qué determina la magnitud de esa inversión? Entre los factores que influyen en la decisión de invertir se pueden considerar los siguientes:

- en primer término, la presión de la autoridad ambiental a lo largo de más de dos décadas, período durante el cual se fijaron condiciones particulares de descarga (CPD's) a varias granjas y se cobraron multas y derechos por el incumplimiento de los reglamentos y las CPD's vigentes hasta 1996,
- la localización de la granja a pie de la carretera,
- su localización en núcleos de población², y
- motivaciones subjetivas como la percepción o “conciencia” que el productor tiene del problema ambiental, aspecto que se supone asociado a su edad y nivel de educación.

En la magnitud de la inversión que realizan los poricultores en sistemas de

¹ De acuerdo con la norma, en este trabajo se consideran granjas grandes aquéllas que producen más de tres toneladas de sólidos suspendidos por día (3 ton/día SST), medianas las que producen entre 1.2 y 3 ton/día SST y pequeñas con menos de 1.2 ton/día SST.

² Algunas unidades en zonas urbanas han tenido que cerrar.

tratamiento influyen varios factores; algunos son inherentes a las características de la granja: su tamaño, modalidad, sistema de alimentación, de manejo de agua y su nivel de tecnificación; otros se derivan de la estructura del sistema de tratamiento: del número y características de las operaciones unitarias que lo constituyen y, por último, de otros factores que tienen que ver con las especificidades de la normatividad vigente, como son las diferentes exigencias para distintos tipos de cuerpo receptor.

El objetivo de esta sección es determinar cuáles de estos factores inciden en la internalización del costo ambiental en el espacio de estudio.

i) Características de la granja

1) Tamaño

La cantidad de excretas generadas en una granja está en función directa del peso vivo, esto es, de la cantidad de animales en una unidad. En una de las escasas investigaciones realizadas en México sobre los severos problemas ambientales que genera la porcicultura en el estado de Yucatán (Drucker, *et al.*, 1997), se encontró que la cantidad de agua residual generada en una granja tiene una alta correlación con el tamaño de la misma. Por lo tanto, partimos de que el tamaño de la granja es determinante en la magnitud de la inversión en sistemas de tratamiento por la cantidad de sólidos y líquidos que deben tratarse.

Para los fines de este estudio, el tamaño de la granja se definió en función de la carga orgánica estimada con base en la cantidad los Sólidos suspendidos totales³ (SST). En las excretas porcinas, la relación entre los SST y la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es de aproximadamente tres a uno (Taiganides, *et al.*, 1996) y, por tanto, para la porcicultura los plazos de cumplimiento se establecen tomando como referencia los SST.

Se consideró, asimismo, que un cerdo de peso promedio (54 kg), en una granja promedio, excreta aproximadamente 331 gramos de SST al día (Taiganides, *et al.*, 1996), aunque se reconoce que hay una gran variabilidad al respecto. A partir

de estos datos, el tamaño de las granjas en unidades de producción animal⁴ (UPA) y sus fechas de cumplimiento ambiental se establecieron como lo indica el Cuadro 3.1:

CUADRO 3.1 FECHAS DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL SEGÚN CARGA ORGÁNICA

FECHA DE CUMPLIMIENTO	SST ton/d	NÚMERO DE UPAs	NÚMERO APROXIMADO DE VIENTRES
1° de enero 2000	más de 3.0	más de 5,000	más de 833
1° de enero 2005	de 1.2 a 3.0	entre 3,000 y 5,000	entre 333 y 833
1° de enero 2010	todas	todas	Todas

Fuente: Fechas de cumplimiento y límites para los SST: NOM-001-ECOL-96
Número de UPA's y número aproximado de vientres, estimación propia.

Se podría preguntar por qué no se tomó directamente la información sobre cantidad de agua empleada y carga contaminante como variables explicativas de la magnitud de la inversión realizada, en lugar de hacerlo indirectamente con el tamaño de la granjas. La respuesta es que los productores han establecido sistemas de tratamiento sin conocer la cantidad de agua residual que se genera en la granja y sin haber hecho análisis de calidad del agua. Se volverá a este tema cuando hablemos de los sistemas de tratamiento.

2) Modalidad

Los distintos tipos de cerdos que se encuentran en una granja generan diferentes tasas de excreción (Taiganides *et al.*, 1996). Proporcionalmente, lechones y destetes, animales alimentados *ad libitum*, excretan un porcentaje mayor de su peso vivo (de 8.6 a 9.0%) que los cerdos en etapa de finalización (6.9%) o que los reproductores (2.9%): sementales, hembras gestantes o secas, animales que generalmente están sometidos a dieta. En términos absolutos, la cantidad de peso vivo determina el volumen de excretas, y por lo general, se tiene mayor peso vivo en granjas de ciclo completo, donde conviven todas las etapas del ciclo de vida de los animales y en las granjas engordadoras que tienen animales de mayor peso (por encima de 25-30 kg hasta los 100 kg), que en las granjas lechoneras.

³ Las definiciones de los parámetros se encuentran en el Anexo 3 al final del capítulo

Por lo tanto, la modalidad de la granja, ya sea de ciclo completo, lechonera, engordadora o de pie de cría, o sus equivalentes en las granjas multisitios, podría ser otra de las variables que pudiera explicar el monto de la inversión que se haga en sistemas de tratamiento. Este planteamiento se refuerza con los resultados de la investigación citada (Drucker *et al.*, 1997), donde el volumen de agua residual generada tuvo una alta correlación con la modalidad de la granja.

En el espacio de estudio se encuentra todo tipo de granjas: de ciclo completo, engordadoras, lechoneras, multisitios y sólo una granja de pie de cría. En la ecuación de regresión sólo se incluyeron granjas de ciclo completo, engordadoras y lechoneras; las unidades multisitios se integraron a cualquiera de las modalidades anteriores. La modalidad de pie de cría no es suficientemente representativa en el espacio de estudio por lo que no se incluyó en el modelo; la única granja de pie de cría no salió en la muestra.

3) Tecnificación

Se maneja, a nivel de hipótesis, que entre más tecnificada es una granja, mayor será la inversión que realice en sistemas de tratamiento⁵, ya que éstos formarán parte integral del sistema productivo. Indicadores del nivel de tecnificación en el espacio de estudio serán la presencia de drenajes entubados en la granja, la automatización de la alimentación y el número de cerdos vendidos por vientre por año.

4) Limpieza

Aunque en general se desconoce la cantidad de agua que se emplea en la granja y por tanto, la cantidad de agua residual a tratar, se sabe que los diferentes sistemas de limpieza requieren volúmenes de agua distintos. Por ejemplo, el *flushing* sistema recomendable para controlar la concentración de gases nocivos, facilitar la remoción automática de residuos y para tratarlos biológicamente,

⁴ Una unidad de producción animal (UPA) equivale a 100 kg de peso vivo.

⁵ La inversión se consideró en términos relativos, por unidad de producción animal.

requiere de más de 40 litros de agua por población porcina en pie (PPP) al día (Taiganides *et al.*, 1996: 65), aunque en zonas con restricciones de agua –como el espacio de estudio– puede practicarse con 10 ó 15 l/PPP/d. En contraste, la limpieza con pala (paleo) no requiere agua.

Para determinar la influencia del sistema de limpieza en la magnitud de la inversión realizada se consideran las formas de limpieza en seco (sólo paleo), en líquido (*flushing*, manguera y charcas) y una combinación de ambas.

5) Alimentación

El cerdo por ser un animal omnívoro puede recurrir a prácticamente cualquier tipo de alimento; su calidad de monogástrico lo limitan en la digestibilidad de alimentos con contenidos elevados de fibra. Sin embargo, los sistemas de alimentación en la producción porcina moderna a nivel mundial son muy parecidos, se basan en el binomio granos-oleaginosas, con participaciones menores de otros ingredientes.

Este tipo universal de alimentación puede presentar dos variantes, en seco, que es la práctica habitual en los continentes americano y asiático y en líquido, como se lleva a cabo en algunos países europeos (van't Klooster *et al.*, 1993) Esta última forma influye en forma determinante en la cantidad de agua residual generada y en la inversión en sistemas de tratamiento, sin embargo, a pesar de sus bondades ambientales, no es una práctica que se realice en nuestro país.

ii) Características de los sistemas de tratamiento

Las excretas porcinas pueden ser tratadas como un residuo o como un insumo. Cuando se les considera residuo, se pueden encontrar una gran variedad de métodos para el tratamiento del agua residual cuya finalidad es

eliminar los contaminantes presentes en la descarga por medio de procesos físicos, químicos, biológicos o una combinación de ellos, y obtener un efluente que pueda ser arrojado al ambiente sin causar daños. (IMTA, 1997)

Entre los primeros encontramos el cribado, sedimentación, separación, filtración, etc.; los tratamientos biológicos (aerobios o anaerobios) se emplean para eliminar impurezas solubles o coloidales que normalmente son orgánicas mediante el filtrado biológico, lodos activados, y también para estabilizar lodos y desechos orgánicos de alta concentración. Los tratamientos químicos agregan sustancias que dan origen a procesos de coagulación, precipitación, intercambio iónico, etc. (San Martín, 2000)

La literatura sobre el tema también suele clasificar a los sistemas de tratamiento en preliminares, primarios, secundarios, terciarios o avanzados (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1976, IMTA, 1997). Sin embargo, algunos textos aclaran que la diferencia entre estos tratamientos es arbitraria; un tratamiento químico que sigue a un proceso biológico se considera tratamiento terciario, pero después de una separación física se considera primario (San Martín, 2000).

La selección de un sistema de tratamiento depende de numerosos factores, sin embargo, son determinantes la carga contaminante de residuos a tratar, el volumen de agua residual descargada y las características que deba tener el agua al final del tratamiento, de acuerdo con la normatividad de referencia. El criterio básico en la porcicultura debería ser si el agua residual se va a utilizar como insumo en la agricultura o si se va a tratar como un residuo.

La calidad de la descarga dependerá del número de operaciones unitarias que incluya el sistema de tratamiento, de su eficiencia, dimensionamiento, mantenimiento y de la calidad del equipo asociado.

La caracterización del agua residual es un factor esencial para una buena elección y diseño de un proceso de tratamiento, puesto que indica los aspectos cualitativos y cuantitativos de los contaminantes presentes en el agua a tratar (IMTA, 1997).

En el espacio de estudio, en muchos casos se han instalado sistemas de tratamiento sin que se conozca el volumen de agua residual que se genera en la granja, sin haber hecho los análisis correspondientes y sin tomar en cuenta las características que debe tener la descarga para los diferentes cuerpos receptores, de acuerdo con la normatividad.

Debido a que el recurso agua es gratuito para el sector agropecuario, la mayor parte de los porcicultores no ha instalado medidores y tienen sólo una idea remota sobre la cantidad de agua que están utilizando y, como consecuencia, de la cantidad de agua residual que descargan. En general, tampoco conocen la carga contaminante del agua residual pues sólo un reducido número de productores ha realizado los análisis respectivos.

Estos datos, fundamentales para el diseño de ingeniería de un sistema de tratamiento, son abrumadoramente desconocidos en el espacio de estudio. Salvo en casos excepcionales, la mayor parte de la infraestructura de tratamiento que existe en La Piedad se ha realizado de manera empírica, sin contar con la información técnica necesaria y más para cumplir con un trámite que se considera de índole burocrática, que para disponer de un sistema realmente eficiente que proteja la calidad de los cuerpos de agua cuando es necesario utilizarlos como cuerpo receptor.

En nuestro país no se han realizado estudios que indaguen en forma sistemática cuáles son las tasas de generación de excretas y agua residual en la ganadería porcina.⁶ De estudios realizados sobre caracterización de excretas porcinas en países cuyo clima, genética y sistemas de alimentación son similares a los de México. (Taiganides, 1977, Taiganides, 1992, Chung Po, 1976, Taiganides, 1996), se obtiene un promedio general de 6.17 kg de heces y orina por UPA por día. Esto equivale a un 6.17% de heces y orina del total del peso vivo en granja.

Desafortunadamente, no existen parámetros semejantes para conocer la

⁶ Sin embargo, existen numerosas investigaciones sobre los componentes de nutrición de las excretas porcinas, por ejemplo, Iñiguez, C. G., 1990, Salazar, G, 1993, Obregón, 1994, Ku, J. 1991, etc.

cantidad de agua residual generada en una granja, ya que ésta depende de numerosos factores, especialmente de la disponibilidad de recurso agua, del clima, de los sistemas de alimentación y de limpieza, empleados en la granja, etc.

El estudio de Drucker *et al.*, no encontró que el agua de las granjas analizadas en la muestra se utilizara bajo un patrón determinado. También en esa investigación se atribuye a la gratuidad y abundancia del recurso en la región, a la falta de medidores y a la escasa “cultura del agua”, su utilización poco eficiente, su desperdicio –especialmente en las unidades pequeñas– y que de una manera generalizada los productores ignoren los volúmenes que emplean de agua.

En teoría, las variables sistema de tratamiento y tamaño de granja podrían estar correlacionadas; al considerarlas como variables explicativas de la magnitud de la inversión en esos sistemas de tratamiento se estaría enfrentando un problema de colinealidad. Sin embargo, la información sobre carga contaminante y volumen de agua –que son un indicador de la dimensión de la unidad– no son tomados en cuenta para el diseño de los sistemas de tratamiento. Por tal motivo, en el trabajo se considera que el sistema de tratamiento y el tamaño de granja son dos variables explicativas independientes de la magnitud de la inversión o internalización del costo ambiental.

iii) Características del cuerpo receptor

Una variable que puede haber influido en las inversiones que se efectuaron a partir de 1997 (si es que hubo alguna), es el tipo de cuerpo receptor de la descarga final. La norma, lo vimos en el capítulo anterior, establece diferentes límites máximos permisibles (LMP) a los parámetros de contaminación de acuerdo con el cuerpo receptor; hay mayor exigencia cuando se descarga a un cuerpo de agua que cuando se descarga a suelo para riego agrícola⁷; es mucho más costoso cumplir con los LMP en el primer caso. Por otra parte, la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFD) clasifica los cuerpos receptores en tres tipos A, B y C,

⁷ Y todavía más exigencia cuando se trata de proteger la vida acuática, que no es el caso del espacio de estudio

estableciendo cuotas diferentes para cada uno de ellos dependiendo del parámetro de contaminación⁸.

La LFD anterior a la publicación de la NOM-001 establecía el pago de un derecho por rebasar los LMP de dos contaminantes: los sólidos suspendidos totales y la demanda química de oxígeno y no hacía diferencia entre los cuerpos receptores en su función de resumideros. En teoría, los sistemas de tratamiento que se establecieron entre 1991 y 1996 estaban diseñados para no rebasar los LMP para esos parámetros. Sin embargo, muchas granjas de la región de estudio fueron sujetas a CPD's por estar descargando directamente al río o a alguno de sus afluentes y no sucedió lo mismo con granjas que descargaban a terrenos agrícolas. Por lo tanto, se puede considerar el tipo de cuerpo receptor: terreno agrícola, río, dren de alivio o alcantarillado público, como una variable que puede influir en la inversión en sistemas de tratamiento.

3.1.2 Internalización como pago de un derecho

Se ha señalado que en cualquier parte del mundo las normas van de la mano de una sanción que es el pago de un impuesto, un derecho o una multa, como medio para que puedan ser efectivas. El 6 de enero de 1997 se publica en el DOF la norma sobre descargas de aguas residuales y el 28 de diciembre de ese mismo año, las modificaciones a la Ley de Ingresos donde se establece el pago de un derecho por rebasar los LMP de la norma.

Sin embargo, la norma mexicana admitió una excepción; no se pagarán derechos aun cuando se rebasen sus LMP si se entregaba a la autoridad ambiental una promesa de realización de obra para el control de las descargas que se le llamó Programa de acciones⁹.

En este sentido, la internalización del costo ambiental vía pago de derechos pudo ser cero hasta fines de 1999 puesto que la mayor parte de los porcicultores,

⁸ Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, Artículo 278-C

⁹ Diario Oficial de la Federación del 25 de febrero de 1997.

estimulados por sus organizaciones gremiales ¹⁰ y conscientes de los beneficios que les reportaba, entregaron el mencionado Programa a la Comisión Nacional del Agua. En muchos casos, el Programa de acción no era sino la descripción de lo que se había hecho con anterioridad.

No obstante, hay un detalle importante a considerar: aunque se haya entregado el Programa de acción, si no se informó a la CNA de su avance o no se cumplió con el mismo en los términos del Artículo 282-A de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, los usuarios estarán obligados a efectuar el pago del derecho más los recargos correspondientes. Este es el caso de la mayoría de los porcicultores; que se haga efectivo el pago del derecho dependerá de la voluntad política y capacidad administrativa de la CNA.

Las granjas grandes que no cumplan con los LMP de la norma el 1º de enero del 2000 se harán acreedores al pago de un derecho.

Para fines de este estudio, se va a partir de que se entregó el Programa de acción, pero que no se informó de sus avances, situación que resulta bastante real. Por lo tanto, independientemente del tamaño, se calculará el pago del derecho de acuerdo con la metodología que señala la ley para el grupo de granjas (once de las treinta y tres encuestadas) para las que se tiene información de la cantidad de agua que emplean y de la caracterización de la descarga, ya que se analizó su agua residual¹¹.

El monto del derecho dependerá directamente de las magnitudes de diez y seis de los contaminante establecidos en la norma, del volumen de agua utilizado y del tipo de cuerpo receptor; en forma indirecta, el monto del derecho depende de la eficiencia del sistema de tratamiento y de la eficiencia en el manejo de la granja.

¹⁰ El Consejo Mexicano de Porcicultura (CMP) trabajó durante cinco años en la concertación de un convenio con las autoridades para minimizar el impacto ambiental de las granjas porcinas antes de la NOM-001-ECOL-1996. Posteriormente, concentro su atención en la elaboración y entrega de un Programa de acción.

¹¹ No se calculó para todas las granjas de la muestra porque implicaba un gasto que no se estuvo en posibilidad de realizar.

La forma como la Ley Federal de Derechos establece los procedimientos para calcular el pago del derecho se presenta en el Anexo 1. Como señalamos en el capítulo anterior, la internalización con base en una norma significa que la autoridad federal primero, considera "aceptable" un cierto nivel de contaminación que no amerita un cargo económico, y segundo, tolera contaminación por encima de ese nivel a cambio del pago de un derecho.

Desde el punto de vista de las autoridades estatales la situación es diferente, ya que con base en sus propias legislaciones ambientales, las unidades productivas pueden ser sancionadas e inclusive clausuradas por el incumplimiento de las leyes ecológicas locales.

3.1.3 Internalización como inversión y como pago de un derecho

Se pueden presentar varias situaciones en las cuales el productor tenga que pagar un derecho a pesar de haber invertido en un sistema de tratamiento:

- 1) Cuando la granja descargue a un cuerpo receptor de la nación: aún teniendo un sistema secundario eficiente no podrá cumplir con los LMP de la norma, basados, como veremos más adelante, en descargas mucho más diluidas,
- 2) Cuando la granja descargue a terreno propio para riego agrícola: un sistema secundario eficiente no eliminará los coliformes fecales (CF) a los niveles exigidos por la norma. Si el porcicultor no emplea desinfectantes o cloro para eliminarlos, tendrá que pagar un derecho por este concepto,
- 3) Cuando la granja descargue a terreno propio para riego agrícola: algunos sistemas son eficientes para remover carga orgánica, pero no para grasas y aceites o metales pesados; en este caso, es posible que se tenga que pagar un derecho por alguno de estos parámetros.

Resumiendo, la internalización del costo ambiental puede presentar las siguientes variantes:

- 1) Que el sistema de tratamiento de agua residual tenga una capacidad de remoción de contaminantes tal que el efluente cumpla con los LMP de la norma para cualquiera de los cuerpos receptores. En esta caso la internalización del

costo ambiental es igual a la inversión en un sistema de tratamiento terciario (físico, biológico y químico), más su costo de operación:

$$I_{CA} = I_{ST} + C_O$$

I_{CA} = internalización del costo ambiental

I_{ST} = inversión en sistemas de tratamiento

C_O = costo de operación

2) Que no se cuente con un sistema de tratamiento y se esté descargando un efluente "crudo"; la internalización ambiental estará representada por el pago del derecho sobre alguno de los parámetros básicos, lo más probable y frecuente es que sea sobre los SST:

$$I_{CA} = P_{TD}$$

I_{CA} = internalización del costo ambiental

P_{TD} = Pago total de derechos

3) Que haya inversión en un sistema de tratamiento físico y biológico pero que éste, eficiente o ineficiente no cumpla con los LMP de contaminantes de la norma; además del gasto en inversión se tendrá que pagar un derecho:

$$I_{CA} = I_{ST} + C_O + P_{PD}$$

I_{CA} = internalización del costo ambiental

I_{ST} = inversión en sistemas de tratamiento

C_O = costo de operación

P_{PD} = pago parcial de derechos

3.2 El método de la investigación

La información que sustenta la mayor parte del presente estudio y las conclusiones que de ella se derivan, se obtuvo directamente del trabajo de campo en el espacio de estudio, mismo que incluyó las siguientes actividades:

- a) obtención de la información básica para el muestreo en las Asociaciones Locales de Porcicultores,
- b) levantamiento de una encuesta en granjas porcinas con base en el cálculo de una muestra estratificada por asignación,
- c) entrevistas con porcicultores y funcionarios de las dependencias de gobierno involucradas en el problema de descarga de aguas residuales, y
- d) toma de muestras de agua residual y análisis de los parámetros de contaminación más significativos en once granjas de la región.

3.2.1 Las fuentes de información

La información para el cálculo de la muestra fue proporcionada por las Asociaciones Locales de Porcicultores de La Piedad, Mich. y de Santa Ana Pacueco, Gto., de las cuales se obtuvieron datos sobre el número de animales en granjas (inventario porcino) y su estructura según categoría de animales para las 108 granjas que se tenían registradas en febrero de 1999.

Con base en esa información y considerando que una unidad de producción animal (UPA) genera 0.6 kilogramos de sólidos suspendidos al día (Taiganides, 1996), las granjas se clasificaron en tres estratos de tamaño en función de su carga orgánica.

El número de granjas en cada estrato se indica en el cuadro siguiente:

CUADRO 3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GRANJAS POR TAMAÑO SEGÚN CARGA ORGÁNICA (ton/día de Sólidos Suspendidos Totales)

Estrato	Granjas	Porcentaje de granjas	UPA (kg)	SST (ton/día)	SST (%)
I Grandes	7	6	49,333	29.6	22.8
II Medianas	33	31	106,333	63.8	49.2
III Pequeñas	68	63	60,333	36.2	28.0
Total	108	100	215,999	129.6	100.0

UPA: Unidad de Producción Animal (100 kg peso vivo)

SST: Sólidos Suspendidos Totales

Fuente: Cuadros 1, 2 y 3 del Apéndice Estadístico

Se puede observar que siete granjas producían más de tres toneladas de SST/día y por tanto en febrero de 1999 tenían menos de un año para cumplir con los LMP de la norma. Treinta y tres granjas se consideran medianas con una producción entre 1.2 y 3.0 toneladas SST/día; su fecha de cumplimiento es el primero de enero del año dos mil cinco y sesenta y ocho granjas pequeñas tienen un plazo de poco más de diez años para adaptarse a la norma.

El criterio en que se basó la autoridad para definir la gradualidad en el cumplimiento ambiental, era que en un plazo relativamente corto (en tres años a partir de enero de 1997), se aseguraba el control del 80% de la contaminación generada por "los grandes contaminadores".

Por lo menos en el espacio y actividad de estudio y de acuerdo con la información de las Asociaciones Locales de Porcicultores, la mayor parte de la contaminación –casi el 50% de la carga orgánica proveniente del total de las granjas porcinas– es producida por el grupo de granjas medianas que tienen hasta el año 2005 para cumplir con la norma.

Granjas grandes y pequeños porcicultores contribuyen en porcentajes similares a la contaminación, los primeros, que sólo representan el 6% de las granjas con el 22% y los pequeños, 68% de las granjas, con un 28%.

Por la presión a que han sido sometidas por parte de la autoridad y por tener un plazo de cumplimiento ya muy corto, a la fecha del levantamiento de la encuesta las siete granjas grandes contaban con sistemas de tratamiento de aguas residuales. De ser eficientes esos sistemas, sólo impactarían en el 23% de la carga orgánica producida por las granjas de la región.

El 28% de la carga orgánica por sólidos suspendidos totales generada por las granjas pequeñas, tendrá que esperar más de diez años para ser removida, no obstante que existe tecnología sencilla y de bajo costo que podría estarse aplicando desde ahora a través de programas de política agrícola como Alianza para el Campo.

Selección de la muestra

i) Universo de estudio

El universo de estudio está delimitado geográficamente, por los tramos 19, 20 y 21 del río Lerma que se inician aguas arriba de La Piedad de Cabañas y terminan en el Salto, Mich.¹² Los municipios incluidos en este tramo son La Piedad de Cabañas y parte de Numarán en Michoacán, y Santa Ana Pacueco, colonia del municipio de Pénjamo en Guanajuato.

ii) Población, marco y unidad de muestreo

La *población* está constituida por todas las unidades de producción que poseen cerdos en el municipio de La Piedad y en Santa Ana Pacueco en el municipio de Pénjamo. No existe información estadística sistemática para este tipo de unidades geográficas. El VII Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal de 1991 levanta información sobre el número de unidades de producción con ganado porcino, según edad y función zootécnica a nivel municipal, pero no es una información útil, primero porque tiene diez años de obsolescencia¹³ y, segundo, porque la unidad geográfica municipal no coincide con el espacio de estudio.

Lo que se puede apreciar en la información censal es que tanto en el municipio de La Piedad como en Santa Ana Pacueco, la mayor parte de las existencias se encuentran en unidades privadas.

El *marco de muestreo* está integrado por un total de 108 granjas, 52 registradas en la Asociación Local de Porcicultores (ALP) de La Piedad, Mich. y 56 en la ALP de Santa Ana Pacueco, Gto. (Cuadro 1 del Apéndice Estadístico).

No es posible saber con exactitud qué porcentaje de la producción porcina del espacio de estudio está representada en las Asociaciones; sin embargo, los presidentes de estas organizaciones consideran que por una serie de razones,

¹² Declaratoria de clasificación del río Lerma que establece su capacidad de asimilación y dilución, las metas de calidad del agua, los plazos para alcanzarlas y los parámetros que deberán considerarse para el cumplimiento de las descargas de aguas residuales.

¹³ En 2001 se levantará el VIII Censo Agrícola Ganadero y Ejidal

entre las que destaca la emisión de guías sanitarias para la movilización de animales, más del 85% de las granjas porcinas pertenece a estas agrupaciones, información que coincide con la del censo.

Aunque en las Asociaciones están registradas granjas muy pequeñas, quedaron fuera del marco de muestreo las unidades conocidas como porcicultura de "traspatio" que no están integradas a ninguna organización.

La *unidad* de muestreo, que es este caso coincide con el elemento de la población, es la granja porcina independientemente de su tamaño.

iii) Diseño de muestreo

La técnica seleccionada para el cálculo de la muestra fue el muestreo aleatorio estratificado por asignación por la siguiente razón: se supuso que las fechas de cumplimiento ambiental influirían de manera importante en los montos de inversión realizadas en sistemas de tratamiento. A fechas de cumplimiento más cercanas, la inversión sería mayor, por lo tanto, las granjas se agruparon en tres estratos – grandes, medianas y pequeñas– en función de la carga orgánica teórica que generan.

La fórmula empleada para calcular el tamaño de muestra y asignarla por estratos fue la siguiente:

$$n = \frac{\sum_{k=1}^3 N_k \sigma_k / \sqrt{c_k} \left(\sum_{i=1}^3 N_i \sigma_i / \sqrt{c_i} \right)}{N^2 D + \sum_{i=1}^3 N_i \sigma_i^2}$$

- donde:
- N = número total de granjas
 - N_k = cantidad de granjas en cada estrato
 - σ_k = desviaciones estándar de la variable SST de cada estrato
 - c_k = costo asociado al levantamiento

D es igual a $(B^2 / 4N^2)$; B es el coeficiente de variación de la variable, en este caso establecido en 0.1 del promedio de la variable.

El tamaño de muestra resultante fue de 35 granjas¹⁴; cinco de éstas –71% del total– fueron grandes, trece –39% del total– medianas y diecisiete –25 % del total– pequeñas. Estas granjas se seleccionaron de manera aleatoria del listado de granjas proporcionado por cada una de las dos Asociaciones. Los tamaños de muestra para cada estrato se explican por la magnitud de la desviación estándar en cada uno de ellos.

CUADRO 3.3 MUESTRA CALCULADA PARA CADA ESTRATO

Estrato	N° de Granjas	SST (ton/día)	Promedio SST (ton/día)	Desviación Estándar SST	Varianza SST	Tamaño Muestra
I Grandes	7	29.594	4.228	1.043	1.087	5
II Medianas	33	63.768	1.932	0.514	0.264	13
III Pequeñas	68	36.294	0.534	0.354	0.125	17
Total	108	126.656	1.201	1.126	1.268	35

Fuente: Cuadros 1, 2 y 3 del Apéndice Estadístico
SST: Sólidos Suspendedos Totales

3.2.2 El cuestionario

Con base en los objetivos del estudio –análisis de la internalización del costo ambiental en las granjas porcinas– se diseñó un cuestionario donde se recabara información que confirmara o, en su caso, rechazara las hipótesis del trabajo y que adicionalmente, proporcionara información acerca de una serie de elementos de interés en la investigación.

El cuestionario, largo y de difícil aplicación inquiría sobre los siguientes temas: realización de análisis de agua de pozos y agua residual, características y valor de la infraestructura y equipo de tratamiento, manejo de excretas y aguas

¹⁴ El cálculo de la muestra se presenta en el Anexo 2

residuales con especial énfasis en su reciclaje en la agricultura y la alimentación animal, espacio y construcciones en la granja, agua para abasto, sistemas de limpieza y bebederos, olores, costos de operación del sistema de tratamiento, situación administrativa del porcicultor respecto de sus obligaciones como usuario del recurso agua, modalidad y características productivas de la granja e inventario.

Lo diverso de la información planteada en el cuestionario hacía necesaria la presencia de más de dos personas para contestarlo; el dueño de la granja no siempre tenía a la mano los datos que se requerían y particularmente en las granjas grandes, era preciso recurrir al médico veterinario, al contador y en algunos casos, al ingeniero encargado de la construcción de instalaciones para tratamiento.

La información más difícil de obtener fue la relativa a costos; en varias granjas la infraestructura de tratamiento se había construido muchos años antes y el dueño difícilmente podía asignar un valor actualizado a su obra. En otros casos, el productor simplemente se negó a contestar este tipo de pregunta.

Dos de los porcicultores que salieron en la muestra se negaron participar en la encuesta, tres contestaron sólo parcialmente el cuestionario.

3.2.3 Levantamiento de encuesta y análisis de agua

La encuesta se levantó en dos etapas: la primera entre el 13 y el 22 de abril de 1999 y la segunda entre el 18 y el 28 de mayo de ese año. En los primeros días de marzo, poco antes de que se iniciara el trabajo de campo, se presentaron brotes de Fiebre Porcina Clásica (FPC) –enfermedad cuya erradicación estaba programada para el año 2000 por la ex Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural– en algunas granjas del vecino municipio de Degollado, Jal., y se sospechaba que también hubieran ocurrido en Santa Ana Pacueco, dato que posteriormente se confirmó.

La presencia de la enfermedad en una zona que ya no estaba vacunando, lo cambiante de la actividad y en varios casos, la escasa precisión de los productores para proporcionar información sobre la estructura de sus inventarios,

ocasionó que la información que proporcionaron los porcicultores durante el trabajo de campo fuera considerablemente distinta a la utilizada para el cálculo de la muestra dos meses antes.

Con el apoyo de la Facultad de Química de la UNAM y con la colaboración de los porcicultores que aceptaron participar en la encuesta, durante el mes de septiembre se tomaron muestras de agua residual en granjas que se consideraron representativas del tamaño de granja y del sistema de tratamiento. Se programó tomar muestras de agua en 20 de las 33 granjas de la encuesta, con lo que se cubría el 60% de éstas, pero una vez más, lo que se pudo realizar en el campo difirió de lo programado.

Obtener una muestra de agua representativa y hacer su análisis son tareas complejas que requiere personal capacitado y con experiencia que conozca perfectamente cada una de las normas que regulan la toma de una muestra y el análisis de los parámetros a considerar. Es necesario conocer la frecuencia de la descarga –que puede ser continua, intermitente o fortuita–, los días y las horas a las que se descarga y el punto de descarga. Con esta información se determina el número de muestras simples a tomar (mínimo dos, máximo seis) y los casos en que se requiere de una muestra compuesta, para que sean representativas del proceso de descarga.

Por diferentes motivos fue imposible tomar muestras de agua residual en nueve granjas; en dos de ellas la laguna era de descarga cero, en otra confluían al mismo drenaje descargas de dos granjas que no era posible diferenciar, otra más, ubicada en zona urbana, tuvo problemas con su pozo, se surtía con pipas de agua y su descarga al momento de ir a tomar la muestra era prácticamente cero. Finalmente, cinco porcicultores no fueron localizables.

Sólo se tomaron muestras de agua residual en once de las 20 granjas donde estaba programado hacerlo; con ello se cubrió el 33% del total de las granjas encuestadas, 33% de las grandes, 40% de las medianas y 30% de las pequeñas.

CUADRO 3.4 MUESTRA DE AGUA POR TAMAÑO DE GRANJA

	PROGRAMADO				REALIZADO			
	G	M	P	Total	G	M	P	Total
Muestra de agua	3	7	10	20	1	4	6	11
Total muestra	3	10	20	33	3	10	20	33
% muestra de agua/ muestra total	100.0	70.0	50.0	60.6	33.3	40.0	30.0	33.3

Fuente: Cuadros 4 y 7 del Apéndice Estadístico
G: grande, M: mediana, P: pequeña

Desde el punto de vista de los sistemas de tratamiento que se encuentran en la región, se tomaron muestras de agua en el 33.3% de las granjas que tenían un tratamiento "completo", en el 33.3% de las que tenían una sola operación unitaria, en el 22.2% de unidades con dos operaciones unitarias y en el 66.7% de las granjas que no tenían sistema de tratamiento. (Cuadro 5 de Apéndice Estadístico)

Por restricciones de presupuesto, en el trabajo sólo se analizaron¹⁵ trece parámetros, siete básicos: potencial hidrógeno, temperatura, grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total y fósforo total; más cuatro metales pesados: arsénico, cobre, plomo y zinc y un patógeno: coliformes fecales.

Por su importancia en la salud humana (Oswald, 1992), hubiera sido deseable analizar huevos de helminto, tal como lo establece la norma; sin embargo, tomar la muestra es sumamente complicado y rebasó las posibilidades del equipo que se encargó de esta tarea.

De la NOM-001 se incluyeron todos los parámetros que son típicos de las aguas residuales porcinas y se eliminaron aquellos que aunque están presentes, su concentración no es significativa. Como el objetivo de la investigación era estimar la internalización del costo ambiental, de la norma se incluyeron los parámetros sobre los cuales la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua

¹⁵ Análisis que se realizaron de acuerdo con el APHA, AWWA, WPCF, 1995. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". USA. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales)

puede exigir un pago por presentarse en magnitudes que rebasen los LMP.

En el cuadro 3.5 se muestran los parámetros que se establecen en la NOM-001, en la Ley Federal de Derechos, en la Declaratoria de Clasificación del Río Lerma, en el programa de cómputo PigMex¹⁶ y en el multicitado estudio sobre porcicultura y medio ambiente en el estado de Yucatán (Drucker, 1997). En el Anexo 3 se incluyen las definiciones de los parámetros que se analizaron en este trabajo.

¹⁶ Programa de cómputo PigMex, Consejo Mexicano de Porcicultura, 1996

CUADRO 3.5 PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN

PARÁMETROS	NOM-001	LEY	Declaratoria	PIGMEX	ESTUDIO	ESTUDIO
		FEDERAL DE DCHOS.	RÍO LERMA		FMVZ, UADY	IIEc,UNAM
Potencial de hidrógeno	X		X	X	X	X
Temperatura	X			X	X	X
Grasas y aceites	X	X	X			X
Materia flotante	X		X			
Sólidos sedimentables	X		X	X	X	
Sólidos suspendidos totales	X	X	X	X	X	X
Demanda bioquímica de oxígeno	X	X	X	X	X	X
Nitrógeno total	X	X	X	X	X	X
Fósforo total	X	X	X	X		X
Arsénico	X	X		X		X
Cianuros	X	X		X		
Cadmio	X	X		X		
Cobre	X	X		X		X
Cromo	X	X		X		
Mercurio	X	X		X		
Níquel	X	X		X		
Plomo	X	X		X		X
Zinc	X	X		X		X
Coliformes fecales	X	X	X	X	X	X
Huevos de helminto	X					
Coliformes totales				X	X	X
Conductividad eléctrica				X	X	
Sólidos disueltos				X	X	
Demanda química de oxígeno			X	X	X	
Otros				36		
Total	20	15	10	57	11	12

Los análisis de los parámetros fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México; los metales pesados en el Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal de la SAGARPA en Jiutepec, Mor. y los coliformes fecales en el Laboratorio de Diagnóstico del Subcomité Pecuario de La Piedad, Mich. Los resultados se encuentran en el Cuadro 6 del Apéndice Estadístico.

Muestra calculada y muestra levantada

i) El número de granjas que se obtuvo en el cálculo de tamaño de muestra y el que finalmente pudo ser encuestado fue prácticamente el mismo. De 35 granjas de la muestra obtenidas aleatoriamente, cuatro se tuvieron que descartar por las siguientes razones:

- a) dos granjas fueron despobladas por presentar brotes de FPC,
- b) una tercera granja fue cerrada por encontrarse en zona urbana, no contar con infraestructura de tratamiento y descargar directamente al río Lerma, y
- c) la cuarta granja estaba mal registrada en la ALP de La Piedad y no existía.

Esta diferencia se compensó incluyendo dos granjas que tenían características similares a las cerradas por FPC; finalmente, el número total de granjas en la encuesta fue de 33 granjas, 6% menos que lo obtenido en el cálculo de la muestra.

ii) La diferencia en el número de granjas dentro de cada estrato fue importante. De las 5 granjas del estrato I que representaban el 71% del total de granjas grandes del espacio de estudio, dos declararon un inventario que las reclasificaba como medianas; de las tres granjas encuestadas en este estrato, una contestó el cuestionario parcialmente.

iii) En el estrato de granjas medianas fue donde hubo más cambios. La muestra arrojó 13 granjas medianas de las cuales se encuestaron 7 debido a que cinco de ellas fueron reclasificadas como pequeñas y otra se cerró por encontrarse en zona urbana. Se incluyeron en este estrato dos granjas que estaban clasificadas como grandes y una tercera que según la información original, era pequeña. Finalmente, se encuestaron 10 granjas de las 13 obtenidas en el cálculo de la muestra.

iv) El estrato de granjas pequeñas se modificó de 17 casos obtenidos en el cálculo de tamaño de muestra, a 20 en el levantamiento. Del grupo original se encuestaron 13 granjas a las que se agregaron 5 reclasificadas del estrato de medianas y 2 que sustituyeron a las cerradas por FPC y que tenían características similares.

CUADRO 3.6 MUESTRA CALCULADA Y MUESTRA LEVANTADA

Estrato	N° de Granjas	Muestra calculada	% muestra calculada / total granjas	Muestra levantada	% muestra levantada / total granjas
E _I Grandes	7	5	71	3	43
E _{II} Medianas	33	13	39	10	30
E _{III} Pequeñas	68	17	26	20	29
Total	108	35	33	33	31

Fuente: Cuadros 1, 2 y 3 del Apéndice Estadístico

v) El dinamismo de la producción porcina, la modificación constante de los inventarios y la información no siempre veraz sobre la estructura de la pira imponen cierta variabilidad a cualquier clasificación que se haga para determinar el tamaño de la granja. Sin embargo, tomando como válida la información que para cierto momento proporcionaron las Asociaciones Locales de Porcicultores, la estructura por estratos entre la muestra levantada y el universo poblacional es más parecido que entre éste y la muestra calculada, sobre todo en el estrato de granjas medianas.

Proporcionalmente, quedaron más representadas las granjas pequeñas, ya que se encuestó al 60% de las mismas, contra un 50% que indicaba la muestra (dada una menor desviación estándar de la variable seleccionada). El porcentaje de granjas grandes en la encuesta (9%) se acerca más al porcentaje que representan del total de la población (6.5%) que al calculado en la muestra (13.9%).

CUADRO 3.7 UNIVERSO, MUESTRA CALCULADA Y MUESTRA LEVANTADA (número de granjas y porcentos)

Estrato E	Muestra Calculada a MC (granjas)	% MC/Total	Muestra Levantada ML (granjas)	% ML/Total	Universo U	% U/Total	% MC/U	% ML/MC
Grandes	5	13.9	3	9.1	7	6.5	71.4	60.0
Medianas	13	36.1	10	30.3	33	30.6	39.4	76.9
Pequeñas	18	50.0	20	60.6	68	63.0	26.5	111.1
TOTAL	36	100.0	33	100.0	108	100.0	33.3	91.7

Fuente: Cuadro 1,2 y 3 del Apéndice Estadístico

En cuanto a la variable considerada que indica contaminación por carga orgánica, los Sólidos Suspendidos Totales, como señalamos anteriormente, la información de las Asociaciones muestra al estrato de granjas medianas como el que genera una mayor contaminación, casi el 50% del total, en comparación con un 28% de las granjas pequeñas y un 22% de las grandes.

Sin embargo, la cantidad de SST en la muestra calculada y en la levantada indican que es el estrato de granjas grandes el que aporta los mayores volúmenes de sólidos suspendidos totales (38.8% y 40.5% en relación con el total).

Pero, de acuerdo con la muestra levantada, las granjas medianas generan una proporción similar de SST, 38% del total, aunque su fecha obligada de cumplimiento es dentro de cinco años. Además, por razones evidentes cuando se trata de cuestiones relativas al agua residual, los productores tienden a subestimar la magnitud de sus pjaras y caer en el estrato de cumplimiento de más largo plazo.

CUADRO 3.8 MUESTRA CALCULADA, MUESTRA LEVANTADA Y UNIVERSO (Sólidos Suspendidos Totales)

Estrato	Muestra calculada MC	% MC/TMC	Muestra levantada ML	% ML/TML	Universo U	% U/TU	% MC/U	% ML/MC
Grandes	21,800	38.8	19,882	40.5	29,594	22,8	73.7	91.2
Medianas	24,485	43.6	18,800	38.3	63,768	49,2	38.4	76.8
Pequeñas	9,829	17.5	10,382	21.2	36,294	28.0	27.1	105.6
Total	56,114	100.0	49,064	100.0	29,656	100.0	43.3	87.4

Fuente: Cuadros 1, 2 y 3 del Apéndice Estadístico
TMC: total muestra calculada; TU: total universo

3.2.6 El modelo estadístico

En los párrafos anteriores se plantearon algunas hipótesis acerca de los factores que afectan la magnitud de la inversión en sistemas de tratamiento. Su expresión en una ecuación de regresión múltiple que estime la ponderación de cada una de las variables explicativas del nivel de internalización del costo ambiental es la siguiente:

$$IT_{ST} = f(TG, MOD, ST, CR, NT, e)$$

Donde:

IT_{ST} = inversión en sistemas de tratamiento

TG = tamaño de la granja (medido en UPA's)

MOD = modalidad productiva

ST = sistema de tratamiento empleado

CR = tipo de cuerpo receptor

e = error

Con la información obtenida de la muestra se corrieron modelos de regresión lineal simple donde la variable dependiente, inversión total en sistema de tratamiento (IT_{ST}) se contrastó contra las variables tamaño de granja (TG), modalidad (MOD), tipo de cuerpo receptor (CR) y sistema de tratamiento.

Como eran demasiadas variables para que logaran explicar algo en un modelo de regresión múltiple¹⁷, se incluyeron sólo las más significativas dependiendo de su capacidad explicativa. Se corrieron regresiones contra modalidad y tamaño de granja (MOD, TG), tipo de cuerpo receptor, modalidad y tamaño de granja (CR, MOD, TG) y contra tipo de cuerpo receptor, modalidad, sistema tratamiento y tamaño granja (CR, MOD, ST, TG).

El mismo procedimiento se siguió sustituyendo como variable dependiente la inversión total en sistemas de tratamiento por la inversión total en sistemas de tratamiento por unidad de producción animal (IT_{ST}/UPA).

Los principales resultados de las regresiones simples y múltiples considerando como variables dependientes la IT_{ST} y la IT_{ST}/UPA se concentran en el cuadro siguiente:

¹⁷ Se parte de que todas las variables son independientes.

CUADRO 3.9 RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN

		R2	Error estándar	F	Significación de F	Durbin Watson	Análisis de varianza	
							Grados de libertad	
VADEPS: ITST.Asociación simple							Regresión	Residual
1	TG	0.2987	141221	10.646	0.0032	2.3022	1	25
2	MOD	0.0827	232432	2.3565	0.1364	1.1862	1	27
3	CR	0.0296	238748	0.8238	0.3721	1.3322	1	27
4	ST	0.0625	234335	1.8817	0.1814	1.2054	1	27
Regresión múltiple								
1	MOD, TG	0.3028	143716	5.2104	0.0132	2.2887	1	24
2	TG, MOD, CR	0.3159	145409	305409	0.2305	2.2715	1	23
3	CR, MOD, ST, TG	0.3336	146740	2.7539	0.0537	2.2857	1	22
VARDEP: ITSSTUPA Asociación Simple								
1	TAMGRAN	0.0230	13.35	0.5893	0.4499	2.5166	1	25
2	ST	1.0021	13333	0.0566	0.8137	2.448	1	27
3	CR	0.0695	128.7	2.016	0.1671	2.4719	1	27
4	MOD	0.1038	132.7	0.2914	0.5920	2.5308	1	27
Regresión múltiple								
1	MOD,CR, ST, TG	0.7197	141.6	1.4265	0.7879	2.5464	1	22
2	CR, TG, ST	0.0645	139.1	0.5283	0.6673	2.4748	1	23
3	ST, TG	0.0240	139.0	.2954	0.7469	2.5349	1	24

TG=Tamaño de granja; MOD=Modalidad; CR=Cuerpo receptor; ST=Sistema de tratamiento

Los resultados del modelo de regresión indican que las magnitudes invertidas en sistemas de tratamiento no responden a ninguna de las variables que por lógica tendrían que estar influyendo en ellas.

Por tal motivo, se trabajó con un modelo de regresión logística, transformando la inversión total en tratamiento en una variable dicotómica de menos y más de 100 mil pesos. Sin embargo, con esta metodología tampoco se encontraron asociaciones entre la variable dependiente y las independientes.

¿Por qué las variables independientes seleccionadas explican tan poco en los modelos empleados?

i) Hipótesis y variables

La primera explicación sería que las hipótesis podrían no ser las correctas o no están expresadas de manera adecuada, porque entre las variables que suponemos explican directamente el comportamiento de la inversión en sistemas de tratamiento y las variables incluidas en el modelo, hay demasiadas mediaciones. Esto es, por desconocimiento de la información real sobre carga contaminante y volumen de agua residual descargado, se trabajó con la variable sistema de tratamiento como un indicador de las anteriores. El modelo de regresión simple indica que no existe tal asociación.

La variable tamaño de granja fue significativa en el modelo de regresión, pero no en el logístico; en cierta forma era un resultado esperado porque todo el modelo está construido sobre la base de la cantidad de peso vivo en granja. Sin embargo, el modelo no reveló la presencia de economías de escala en la inversión en sistemas de tratamiento que sin duda existen; la unidad pequeña realiza una inversión proporcionalmente mayor que la grande.

La modalidad de la granja no resultó significativa. En el citado estudio sobre Yucatán (Drucker *et al.*, 1997), se encontró que la modalidad de la granja era significativa para explicar la cantidad de agua residual descargada (quizá porque el clima es mucho más caluroso y se necesita agua para enfriar animales de mayor peso), pero no lo es para explicar el monto de recursos invertidos en sistemas de tratamiento.

Por último, el lugar donde se realiza la descarga final tampoco es significativo. Lo será, probablemente, para las inversiones que se realicen a partir de la puesta en vigor de la norma, pero no para las realizadas hasta principios de 1999, ya que anteriormente la autoridad ejercía una presión en función de un reglamento que no diferenciaba entre los distintos tipos de cuerpo receptor.

ii) Características de la variable dependiente

La información sobre inversiones en infraestructura y equipo de tratamiento fue la proporcionada por los porcicultores sin que se hiciera ningún tipo de ajuste. Se procuró que la información rescatara el valor de la infraestructura en las condiciones en que se encuentra actualmente, esto es, considerando la

depreciación de la misma.

Saltaba a la vista que con excepción de granjas que han realizado inversiones recientemente, el productor encontraba sumamente difícil asignarle un determinado valor a la obra y equipo de tratamiento con que contaba. Algunas obras se realizaron hace más de quince años, hay equipo "hechizo", así como lo hay de compañías especializadas. Hay obras que han realizado los porcicultores directamente, contratando uno o dos peones y hay obras construidas por contratistas y diseñadas por despachos extranjeros especializados en sistemas de tratamiento. También hay casos en que el mismo porcicultor se está habilitando como empresa de tratamiento y en este caso imprime un sesgo especial al valor de la obra que realiza.

Por último, hubo productores que simplemente se negaron a responder a las preguntas sobre inversiones en sistemas de tratamiento.

iii) Características de la actividad

Sin duda, la gran heterogeneidad de la porcicultura influye en el comportamiento de las variables incluidas. El rango de número de cabezas por granja va de 318 a 23,500 animales, esto es, de 185 a más de 17 mil UPA's; la cantidad de kilos vendidos por granja al año oscila entre 63,000 y 4.8 millones. La cantidad de agua residual descargada va de 4.5 metros cúbicos al día hasta 230. La inversión estimada por metro cúbico tratado en las lagunas tiene un mínimo no creíble de 53 centavos y un máximo de 66 pesos.

El valor total de la granja se estimó en un rango que va de \$360 mil pesos hasta \$52 millones de pesos. Hay granjas que están en menos de media hectárea y las que se localizan en predios de 130 hectáreas; granjas construidas en 1950 y en 1994, amén de que algunas han sido edificadas y derrumbadas más de una vez. Algunas son atendidas únicamente por el porcicultor; las empresas tienen un personal numeroso. Los indicadores de productividad también son extremos; granjas que envían al mercado 10 cerdos por vientre al año y otras que envían 22.

Los promedios en esta actividad y en esta zona no nos dicen mucho; las desviaciones estándar son enormes para la mayoría de las variables y la

heterogeneidad de las mismas hacen de la cuestión ambiental en porcicultura un problema complejo que no se ajusta a supuestos de linealidad.

3.3 Resultados

3.3.1 Descripción de la actividad

i) Modalidad

Con base en los datos de la encuesta, la porcicultura de La Piedad se muestra como una actividad que no difiere gran cosa de lo que se supone es la porcicultura a nivel nacional. De ser el arquetipo de la engorda a gran escala hasta mediados de los ochenta, en la actualidad La Piedad es una región en la que predominan las granjas de ciclo completo en una proporción similar a la que se estima para todo el país que es de alrededor del 75-80%

Por razones sanitarias, las granjas multisitios, modalidad de práctica relativamente reciente, empiezan a prevalecer sobre las engordas tradicionales y si bien en la selección al azar no apareció ninguna granja de pie de cría, en el espacio de estudio existe una formalmente establecida y tres o cuatro que sin cumplir cabalmente con los requisitos, venden animales de reemplazo. De las granjas multisitios sólo una era de tres sitios, había dos granjas sitio dos, otras dos sitio tres y una sitio uno y dos.

CUADRO 3.10 MODALIDAD DE LAS GRANJAS

Modalidad	Nº de granjas	%
Ciclo completo	22	66.7
Engorda	5	15.2
Multisitios*	6	18.1
Total	33	100.0

Fuente: Cuadro 7 del Apéndice Estadístico

Para fines de tratamiento, las granjas de tres sitios se consideran de ciclo completo, las de dos y tres sitios engordas y la sitio uno y dos, lechonera (Taiganides, 1996): Reagrupando las granjas multisitios en estas categorías,

tenemos la siguiente estructura:

CUADRO 3. 11 MODALIDAD EN GRANJAS REAGRUPADAS

Modalidad	Espacio de Estudio (cbzs)	Muestra (%)	Muestra (cbzs)	Espacio de Estudio (%)
Ciclo completo	67	62.0	23	69.7
Engorda	34	30.6	9	27.3
Lechonera	6	5.6	1	3.0
Pie de cría	1	1.8		
Total	108	100.0	33	100.0

Fuente: Cuadros 1, 2, 3 y 7 del Apéndice Estadístico

Debido a su posición geográfica estratégica en relación con importantes zonas productoras de granos forrajeros, por su cercanía a los mercados más importante del país, y también, aunque quizá no sea tan importante, porque sus condiciones ambientales para la producción porcina son menos críticas que en la Península de Yucatán, en los últimos años La Piedad se ha convertido en una región receptora de capital yucateco. Estos capitales se han orientado a la compra y rehabilitación de granjas abandonadas con el objeto de crear una infraestructura para recibir lechones producidos en el sureste para su posterior engorda y finalización en granjas de la Piedad.

ii) Escala de producción

La información sobre la escala de producción en el espacio de estudio se puede obtener directamente de las Asociaciones Locales de Porcicultores. A lo largo de este capítulo se han manejado tres escalas de producción, granjas grandes, medianas y pequeñas, definidas con base en el criterio del cumplimiento ambiental, el cual a su vez se determina por la producción de sólidos suspendidos totales.

En general, los criterios para la estratificación de granjas por tamaño son arbitrarios y lo que en una región se considera una granja pequeña en otra puede ser mediana.

Utilizando los criterios convencionales como el número de vientres o el

inventario porcino, las escalas de producción comprenderían a granjas pequeñas, hasta 200 vientres, medianas hasta 600 vientres, grandes hasta 1000 vientres y “megas” de más de 1000 vientres.

El cuadro siguiente resume las distintas escalas de producción:

CUADRO 3.12 ESCALA DE PRODUCCIÓN

Tamaño	EE (Num. granjas)	EE %	Muestra (Num. granjas)	Muestra %
Mega (1000 y más)	12	16.2	7	29.1
Grandes (600 < de 1000)	14	18.9	3	12.5
Medianas (200 a < de 600)	22	29.7	8	33.4
Pequeñas (<200)	26	35.2	6	25.0
Subtotal	74	100.0	24	100.0
Sin vientres	34		9	
Total	108		33	

EE: Espacio de estudio

Fuente: Espacio de Estudio: Asociaciones Locales de Porcicultores y encuesta

Comparado el espacio de estudio con otras regiones productoras de cerdos en el país, se observa que a pesar de la tendencia hacia la concentración de la producción, aun persiste un numeroso grupo de granjas pequeñas, no de traspatio, que tiene en promedio sólo 41 vientres y que forman parte de la porcicultura organizada. Este tipo de granja es prácticamente inexistente en Sonora y tiende a desaparecer en Yucatán.

**CUADRO 3.13 ESCALA DE PRODUCCIÓN
(Número de vientres)**

Tamaño	EE NV	EE %	EE NV promedio	Muestra NV	Muestra %	Muestra NV promedio
Mega	16,953	43.9	1,413	11,682	66.0	1,668
Grandes	10,303	26.7	736	2,045	11.6	681
Medianas	8,832	22.9	401	3,110	17.6	389
Pequeñas	2,474	6.5	95	840	4.8	140
Total	38,562	100.0	357	17,677	100.0	736

EE: Espacio de estudio

NV: Número de vientres

Fuente: Espacio de Estudio. Asociaciones Locales de Porcicultores

Desde el punto de vista ambiental, estas granjas pequeñas en conjunto, como se mencionó anteriormente, representan un porcentaje importante de la contaminación generada en la región.

iii) Concentración de la producción

Con base en la información proporcionada por las asociaciones, trece grupos económicos regionales poseen 56 granjas que representan el 52% del total en el espacio de estudio. Estos grupos concentran el 67% de vientres y una proporción similar de unidades de producción animal. En la cúspide de esta pirámide, sólo dos grupos detentan la quinta parte de las granjas y de los vientres en la región.

CUADRO 3.14 CONCENTRACIÓN DEL INVENTARIO PORCINO

Grupos	Número de granjas	%	Número de vientres	%	UPA's	%
Grupo 1 y 2	27	25.0	8,745	22.7	48,844	22.6
Trece grupos*	56	51.8	25,851	67.0	139,303	64.5
Otros productores	52	23.2	12,711	33.0	76,776	35.5
Total	108	100.0	38,562	100.0	216,079	100.0

* Incluye los Grupos 1 y 2

Fuente: Asociaciones Locales de Porcicultores (Cuadro 8 del Estadístico)

Los capitales de la mayor parte de estos grupos tienen ramificaciones en diversas actividades relacionadas con la porcicultura, especialmente en la producción de alimentos balanceados, la medicina veterinaria, rastros y empacadoras. Es importante destacar que un buen número de porcicultores de la región son también agricultores, lo que brinda la posibilidad de reciclar los residuos de las granjas como abono orgánico dentro de la misma región.

3.3.2 Cantidad y calidad de agua

La información sobre la cantidad y calidad del agua empleada y descargada es fundamental en la toma de decisiones sobre el sistema de tratamiento a implementar en una granja y constituye también la información básica para el cálculo de la internalización del costo ambiental a través del pago de derechos.

Paradójicamente, se trata de datos sobre los cuales el productor no tiene suficiente conocimiento. A la pregunta directa sobre la cantidad de agua residual (AR) que genera la granja, el productor se remitía al tamaño de su tanque de almacenamiento, a las veces que vacía el tanque en un día, a la capacidad de la

bomba, al aforo de su pozo, etc. etc. Como la falta de medidores es generalizada, para tener el dato –aunque fuera aproximado– sobre la cantidad de agua residual generada por la granja, a la estimación que hacía el porcicultor sobre el agua de abasto en la granja se le aplicó el 82% que sugieren los manuales sobre manejo de residuales porcinos. (Taiganides, 1976, Generalitat de Catalunya, 1976)

Aun así, una proporción importante de porcicultores, el 36%, no pudo contestar ni en forma indirecta, a la pregunta sobre la cantidad de agua residual generada en la granja, porque tampoco pudo o no estuvo dispuesto a estimar la cantidad de agua que utiliza. Esta falta de interés y de conocimiento sobre un elemento tan importante en la producción sólo puede atribuirse a la gratuidad del mismo.

Comparando la cantidad de agua residual promedio por tamaño de granja con el inventario promedio reportado para cada estrato, se observa que las granjas pequeñas generan una cantidad de agua residual que es casi tres veces mayor que el reportado por granjas medianas y grandes. Sin dejar de tomar en cuenta la debilidad de información¹⁸, dispersa e imprecisa, estos resultados coinciden con los encontrados en el multicitado trabajo sobre Yucatán (Drucker, et al/ 1997)

CUADRO 3.16 AGUA RESIDUAL GENERADA POR CERDO (PPP)

Tamaño granja	Agua residual promedio AR (m ³ /día)	Población porcina en pie promedio PPP (cabezas)	AR/PPP (m ³ /día/PPP)
Grande	135.8	16,799	8.1
Mediana	41.2	5,712	7.2
Pequeña	47.2	1,920	24.5

Fuente: Cuadro 9 del Apéndice Estadístico

Tanto en región de La Piedad como en el sureste, las granjas pequeñas tienen sistemas de limpieza menos eficientes, hay un mayor desperdicio de agua y sobre ellas la autoridad ejerce una menor vigilancia.

¹⁸ Las desviaciones estándar son muy grandes: 133.2, 16.8 y 62.7 para granjas grandes, medianas y pequeñas, respectivamente.

Pero a diferencia de lo que sucede en otras regiones porcícolas, en La Piedad la cantidad de agua que se usa en la porcicultura es muy reducida, de allí que el 42% de las granjas genera no más de 10 litros de agua residual al día por población porcina en pie (AR/día/PPP); un 18% de las granjas descarga entre 10 y 20 litros AR/día/PPP y un 16% entre 20 y 40 litros AR/día/PPP.

CUADRO 3.16 PROMEDIO DE AGUA RESIDUAL POR CERDO (PPP)

Granjas	Por ciento	Agua Residual/día*PPP
13	65	Menos de 10 l
4	20	Entre 10 y 20 l
3	15	Más de 20 menos de 40 l

PPP: Población porcina en pie

Fuente: Cuadro 9 del Apéndice Estadístico

Todavía más difícil que obtener información sobre la cantidad de agua residual descargada, es tener una idea de su calidad, ya que para ello se requiere realizar análisis aportaran información sobre la presencia y concentración de ciertos parámetros de contaminación en un momento dado.

Hay una gran cantidad de factores que influyen en la calidad del agua residual, entre ellos la genética, la alimentación, la temperatura del medio ambiente, el funcionamiento del sistema de tratamiento, la cantidad de agua de consumo empleada, las variaciones en el inventario porcino y la acuciosidad con que se tomen las muestras de agua residual y se lleven a cabo los análisis de los distintos parámetros.

En teoría, porque es una obligación que se establece en la Ley Federal de Derechos, todas las granjas deberían haber hecho análisis de agua tanto de sus pozos como de sus descargas. Pero como se trata de procesos caros y complicados, sólo un 42% de los porcuicultores había analizado, en algún momento, el agua de sus pozos y un 57% lo había hecho del agua residual.

CUADRO 3.17 ANÁLISIS DE AGUA DE POZO Y RESIDUAL

Análisis	Si	No	Total
Agua de pozo	14 (42.4%)	19 (57.6%)	33 (100%)
Agua residual	19 (57.6%)	14 (42.4%)	33 (100%)

Fuente: encuesta

Desde el año de 1991, algunas organizaciones de poricultores¹⁹ estuvieron haciendo un esfuerzo sistemático para orientar a sus agremiados respecto de sus obligaciones como usuarios del agua. Sin embargo, con frecuencia se observó que los productores manifiestan una fuerte resistencia a enfrentar el problema y que esta resistencia fue reforzada por la autoridad que en el pasado tuvo una actitud poco profesional y transparente en relación con esas obligaciones.

Los poricultores no están cumpliendo cabalmente con lo establecido por la NOM-001 porque las autoridades de Guanajuato y Michoacán los ha eximido *a priori*, tengan o no un sistema de tratamiento, de analizar ciertos parámetros, entre ellos los metales pesados, porque consideran que no se generan en los procesos productivos de las granjas porcinas. La normatividad no se está aplicando al pie de la letra, pero tampoco existe una regla única para la región; la autoridad en Celaya sugiere eliminar algunos parámetros, la de Morelia, otros.

Con base en los análisis de agua residual que amablemente proporcionaron 11 poricultores, podemos observar (Cuadro 3.18) que todos hicieron análisis de grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales; algunos productores analizaron materia flotante y sólidos sedimentables y otros analizaron pH, temperatura, nitrógeno, fósforo y coliformes fecales.

¹⁹ El Consejo Mexicano de Porcicultura es el mejor ejemplo.

CUADRO 3.18 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL (PORCICULTORES)

No. Folio	FECHA	HORA	PARÁMETROS DE LABORATORIO							T °C	N mg/l	P mg/l	CF NMP/100 ml
			G y A mg/l	DBO mg/l	SST mg/l	Mat.flot.	pH	SSed mg/l					
5	14-ene-99	8:30	14.04	56.00	145.00	*	7.96	*	12	16.00	*	260	
14	12-jun-99	11:30	56.60	550.00	589.74	*	7.55	*	*	*	*	4.8*10 ⁶	
4	28-jul-98	11:00	8.64	76.57	290.00	ausente	7.80	0.20	23	*	82.96	*	
16	"	*	20.00	200.00	200.00	ausente	7.50	5.00	35	3.0 ¹⁾	*	10000	
9	27-ene-99	*	40.02	899.80	3410.90	*	*	0.40		757.07	3.66	240	
10	"	*	12.75	59.58	129.50	*	8.391	*	*	*	*	*	
11	"	*	12.10	96.36	123.32	*	8.73	*	14	19.84	*	605.71	
29	29-jul-98	12:00	7.45	241.11	190.00	ausente	8.10	0.90	23	*	119.5	*	
20	12-jun-98	10:30	37.70	550.00	520.00	ausente	7.51	*	*	*	*	2.2*10 ⁶	
27	9-jun-98	*	72.90	4669.80	318.00	*	8.40	*	*	1426.88	52.09	4	
33	"	7:30	9.28	98.12	151.43	*	8.57	*	15	21.33	*	765.00	

* Sin dato

Fuente: Información proporcionada por los porcicultores

En el espacio de estudio no existen laboratorios que tengan certificadas las pruebas que establece la normatividad; esto complica el manejo de las muestras porque en menos de cuatro horas deben ser transportadas en hieleras para mantener la temperatura requerida, a Irapuato o a Morelia donde se encuentran los laboratorios certificados²⁰ más cercanos.

La escasez de agua en la región no impone un patrón general de lavado en esta área; hay granjas que lavan las engordas todos los días y las hay que lo hacen sólo cuando vacían los corrales. En algunas granjas se descargan las charcas semanalmente, en otras sólo se palean las excretas empleando un mínimo de agua. La engorda puede lavarse cada dos meses, pero en cambio los destetes se lavan diario. Precisar la hora, día y lugar para tomar una muestra representativa de la descarga no es un proceso sencillo y difiere para cada granja.

²⁰ La Entidad Mexicana de Acreditación certifica pruebas para ciertos parámetros.

CUADRO 3.19 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL (INVESTIGACIÓN)

Muestras	Hoja de custodia	FECHA	HORA	PARAMETROS BÁSICOS				METALES PESADOS COLIF								
				Tomados <i>in situ</i>				Analizados en laboratorio							FEC.	
				T	pH	DBO	SST	N	P	G y A	As	Cu	Pb	Zn		CF
1	1	20	09:34	23		9,960	6,190	1,129		78	161	0.01535	1.68	ND	1.07	1100
2	2	20	09:25	20	8	1,408	7,750	1,520	291	235	0.01710	1.24	ND	0.94	1100	
		20	13:29	25	8											
		20	17:30	25	8											
		20	21:30	25	8											
3	3	20	11:32	23	5.5	1,525	3,840	861	49	152	0.03990	0.42	ND	0.48		
4	4	21	10:00			2,758	7,480	448	2,226	212	0.02295	0.73	ND	9.19	1100	
5	5	20	14:15	26	8	3,943	3,410	952	123	983	0.01555	0.32	ND	0.63	1100	
6	6	20	10:34	22		85,802	20,020	1,260	77	120	0.02080	1.44	ND	2.62	1100	
7	7	21	10:55	20		580	836	868	64	29	0.02345	0.20	ND	0.11		
	8	Sin descarga														
8	10	20	13:40	32	5.5	1,185	83	294	34	17	0.02545	0.21	ND	0.08	1100	
	11	Sin descarga													1100	
9	12	21	12:40		8	5,107	390	924	46	20	0.03725	0.17	ND	0.21	1100	
10	13	21	09:09	23	8	3,497	7,260	1,316	230	105	0.03955	0.75	ND	4.33	1100	
		21	13:40	27	7											
11	15	22	10:15	20		406	322	1,932	37	37	0.02490	0.20	0	0.10	3500	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fuente: Cuadro 6 del Apéndice Estadístico
 En miligramos por litro, excepto temperatura, pH
 Coliformes fecales: número más probable por 100 mililitros de AR

Por último, se depende de la buena voluntad del porcicultor para que permita tomar las muestras de agua y de su probidad para no alterar la descarga ya sea mediante el proceso de dilución (que además está prohibido por la Ley de Aguas Nacionales) o simplemente cerrando la salida.

Del cuadro 3.19 que contiene los resultados de los análisis de agua realizados en la investigación podemos desprender las siguientes observaciones generales:

- 1) todas las granjas presentan por lo menos un parámetro que rebasa los LMP establecidos por la norma, lo que puede significar el pago de un derecho en función del cuerpo al que se esté descargando,
- 2) la concentración de los metales pesados realmente no fue significativa encontrándose por debajo de los LMP de la norma. Era importante realizar este tipo de análisis porque el cobre se emplea en la porcicultura como promotor de crecimiento y el zinc es utilizado de manera restringida (de 14 a 21 días en la

etapa de posdestete) para prevenir la enterotoxemia por *E. Coli*,

3) todas las granjas rebasan el LMP para coliformes fecales; esto lleva al pago de un derecho por cantidad de agua residual descargada y es, quizá, uno de los aspectos más discutibles de la norma.

4) los análisis de agua de una de las granjas arrojó concentraciones excesivas de DBO y SST; la relación entre estos parámetros no es la que habitualmente se encuentra en la descarga porcina, siendo mucho mayor en este caso la DBO que los SST. En un principio se pensó que se trataba de algún error, sin embargo, al consultar a la Facultad de Química de la UAEM donde se realizaron estas pruebas sobre estos resultados, ésta los confirmó.

El cuadro 3.20 presenta una comparación entre los resultados de los análisis de parámetros básicos y coliformes fecales realizados por los poricultores y los obtenidos en esta investigación.

CUADRO 3.20 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL (Porcicultores e investigación)

Granja	Demanda bioquímica de oxígeno DBO		Sólidos suspendidos totales SST		Nitrógeno N		Fósforo P		Grasas y aceites GyA		Coliformes fecales CF	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P
	1	1408	900	7750	3411	1520	757	291	4	235	40	1100
2	1525	96	3840	123	861	20	49	s.i.	152	12	s.i.	607
3	2758	550	7480	590	448	s.i.	2226	s.i.	212	57	1100	s.i.
4	85802	550	20020	520	1260	s.i.	77	s.i.	120	38	1100	2.2*10
5	580	77	836	290	868	s.i.	64	83	29	9	s.i.	s.i.
6	1185	56	83	145	294	16	34	s.i.	17	14	1100	s.i.
7	s.i.	4669	s.i.	318	s.i.	1427	s.i.	52	s.i.	73	1100	s.i.
8	5107	200	390	200	924	3	46	s.i.	20	20	1100	s.i.

Fuente: Cuadro 10 del Apéndice Estadístico
I: Investigación; P: porcicultores

¿A qué conclusiones nos lleva este cuadro?

1) Existen notables diferencias entre los resultados de los análisis de agua proporcionados por los poricultores y los realizados en esta investigación. No tenían por qué coincidir; en una misma granja la calidad del agua residual varía de un día a otro pero quizá las diferencias no sean tan grandes como las encontradas aquí. Es sintomático que los resultados de los productores siempre están por

debajo de los resultados de la investigación.

2) Eliminados por la norma DBO, SST, N, P y grasas y aceites para las granjas que descargan en terreno agrícola y los metales pesados por generarse en magnitudes insignificantes, quedan los coliformes fecales como parámetro crítico. Todas las granjas rebasan su LMP y en este caso, el pago del derecho se hace sobre la cantidad de agua residual descargada.

3) Es probable que los resultados obtenidos por los porcicultores no sean los más precisos porque algunos de los análisis se realizaron en laboratorios que no están especializados en análisis de agua residual. Sin embargo, consideramos que el problema principal se encuentra en la toma y manejo de la muestra más que en su análisis.

En el cuadro 3.21 se presentan los niveles de los parámetros de contaminación, el sistema de tratamiento y el cuerpo receptor para cada granja.

CUADRO 2.21 REMOCIÓN DE CONTAMINANTES Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Granja	Sistema de tratamiento	Descarga final	DBO	SST	N	P	GyA	C.F.
1	2 op. Unit.	Lag. y dren.	406	322	1932	37	37	3500
2	trat. "completo"	Terr. agrícola	580	836	868	64	29	
3	trat. "completo "	Terr. agrícola	1185	83	294	34	17	1100
4	sin tratamiento	Arroyo	1408	7750	1520	291	235	1100
5	1 op. unit.	Río	1225	3840	861	49	152	s.i.
6	trat. "completo "	Laguna	2758	7480	448	2226	212	1100
7	1 op. unit.	Terr. agrícola	3497	7260	1316	230	105	1100
8	sin tratamiento	Drenaje	3943	3410	952	123	983	1100
9	trat. "completo"	Arroyo	5107	390	924	46	20	1100
10	1 op. unit.	Terr. agrícola	9960	6190	1129	78	161	1100
11	trat. "completo"	Río	85802	20020	1260	77	120	1100

Fuente: encuesta y análisis de agua

DBO: demanda bioquímica de oxígeno; SST: sólidos suspendidos totales; N: nitrógeno; P: fósforo; GyA: grasas y aceites; CF: coliformes fecales

Las granjas que tienen un "tratamiento completo" no son precisamente las que logran una mayor remoción de contaminantes. En el caso de la demanda bioquímica de oxígeno, una granja con dos operaciones unitarias (digestor más laguna) logra una mayor remoción que dos granjas con tratamiento "completo" y una que no tiene tratamiento arroja concentraciones menores de DBO que granjas con tratamientos completos.

Estos resultados poco lógicos de los análisis de agua, no pueden atribuirse a lo pequeño de la muestra. El hecho es que los sistemas de tratamiento no están bien diseñados y funcionan mal o no funcionan; por otra parte, se pueden hacer múltiples maniobras para disfrazar la calidad del agua.

En el caso de esta investigación las muestras fueron tomadas con profesionalismo y rigor, se respetaron las temperaturas y lapsos para su almacenamiento y transporte y el laboratorio que analizó los parámetros básicos tiene certificadas estas pruebas.

El esfuerzo realizado por el equipo que tomó la muestra fue grande; cuando es una empresa particular la que se encarga de estas tareas los costos son elevados y, pese a ello, los resultados son pobres.

Se considera, por los resultados obtenidos, que la estrategia ambiental plasmada en la NOM-001, no es la más adecuada para el caso de las descargas de agua residual de la ganadería porcina. Primero, por ser una estrategia genérica que no distingue las peculiaridades de cada actividad; segundo, porque se basa en un esfuerzo por parte de los productores y de la autoridad que difícilmente están en disponibilidad o posibilidad de efectuar: la autoridad porque no cuenta con los recursos humanos y presupuestales para llevarlo a cabo y los productores porque saben que no importa cuánto tiempo y dinero dediquen a mejorar la calidad de la descarga, ésta, medida a través de análisis de agua y de concentraciones de contaminantes (miligramos por litro de agua residual), nunca va a tener la calidad exigida que los exima del pago de un derecho.

Esta situación es sumamente desalentador para los productores que tienen interés en mejorar la calidad de la descarga, que han invertido en ello y que, de todas formas, si la norma es aplicada con rigor, tendrán que pagar incluso si aplican el agua residual en riego agrícola

3.3.3 Sistemas de tratamiento y niveles de remoción

En el inciso anterior, al analizar la calidad y cantidad del agua descargada en la granja, se adelantaron algunos resultados importantes de la investigación respecto

de los sistemas de tratamiento que están en funcionamiento y de los niveles de remoción que éstos logran. A continuación se describirá con más detalle esos sistemas con el objeto de determinar si están relacionados con formas de manejo de excretas particulares.

Se ha mencionado en este trabajo que la mayor parte de las granjas de la región fueron construidas hace más de veinte años; en este lapso han sido ampliadas, remodeladas o cerradas en respuesta a las señales que enviaba el mercado en un momento determinado. El resultado es que la infraestructura física del espacio de estudio es una mezcla de lo antiguo y moderno, lo funcional y disfuncional.

En la limpieza de las naves se combinan por proporciones iguales métodos que usan el agua en abundancia como son el *flushing*, la manguera y las charcas (33%), con métodos en seco: paleo (33%), más una mezcla de todos: manguera, charcas y paleo: 33%. Los sistemas de limpieza y la infraestructura de las granjas: comederos, bebederos, sistemas de conducción y de tratamiento de aguas residuales, no están reflejando la escasez del agua en la región, tanto la superficial como la subterránea. Los pozos están sobreexplotados, el manto freático se encuentra a niveles cada vez más profundos y existen fuertes restricciones en la dotación de agua del río Lerma.

CUADRO 3.22 MANEJO DE EXCRETAS

Sistema	Total casos	Pequeñas	Medianas	Grandes
En seco (paleo)	8 (24.2%)	8 (24.2%)		
Solo manguera	2 (6.1%)	2 (6.1%)		
Seco y líquido	12 (36.4%)	7 (21.2%)	3 (9.1%)	
Charcas y manguera	3 (9.1%)	3 (9.1%)	2 (6.1%)	
Sólo charcas	8 (24.2%)		5 (15.1%)	3 (9.1%)
Total	33 (100.0%)	20 (60.6%)	10 (30.3%)	3 (9.1%)

Fuente: encuesta

Ya sea por medios manuales (24%) o por mecánicos (39%), un conjunto importante de granjas separa sólidos. Todas las granjas grandes y la mitad de las medianas usan separadores ya sea de cascada (seis granjas) o de tornillo; la

separación con pala está más difundida entre las granjas pequeñas. La mitad de las granjas medianas y una quinta parte de las pequeñas emplean sistemas de limpieza en líquido y no hace ningún tipo de separación.

CUADRO 3.23 SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

Granjas	No separan (limpieza en líquido)	Separan mecánicamente	Separan manualmente
Grandes		3 (100%)	
Medianas	5 (50%)	5 (50%)	
Pequeñas	7 (35%)	5 (20%)	8 (40%)
Total	12 (37%)	13 (39%)	8 (40%)

Fuente: encuesta

La costumbre de acumular los sólidos separados fuera de las granjas abarca al 15% de las unidades, todas ellas pequeñas, ocasionando disturbios como son olores, moscas y patógenos. Las granjas medianas y un grupo de las pequeñas acumulan las excretas dentro de la granja (42%), pero en ningún caso bajo techo.

Las excretas porcinas y en general los residuos agropecuarios no están regulados a ningún nivel de gobierno. Como no son residuos peligrosos las leyes federales los omiten; las definiciones de residuos sólidos de las leyes estatales no los incluyen y como no son basura, tampoco se consideran en los reglamentos municipales.

En una revisión de 35 reglamentos municipales²¹ se encontró que sólo diecisiete tenían un reglamento de protección ambiental; en cinco de ellos –León y Celaya en Guanajuato, Tepatitlán, Jalisco, Culiacán, Sinaloa y Mérida, Yucatán– hay unidades ganaderas intensivas importantes, particularmente granjas porcinas.

De estos reglamentos los de Celaya, Culiacán y Tepatitlán contienen disposiciones sobre los residuos ganaderos, en el sentido de que éstos deben ser tratados de manera que no provoquen contaminación.

Los municipios que forman parte del espacio de estudio, La Piedad, Numarán en Michoacán y Pénjamo en Guanajuato, no tienen reglamentos ecológicos. Los residuos sólidos de las granjas porcinas, excretas y otro tipo de

²¹ No se encontraron más reglamentos ni en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, ni en la Dirección de Legalidad Ambiental de la SEMARNAT, ni en internet.

basura, se acumulan a las orillas de los caminos, en el dren de alivio y en los vados del Lerma y sus afluentes, porque no hay ley, reglamento o norma que lo impida y porque los municipios están suficientemente abrumados con el manejo de la basura de los centros de población para reparar en la que se genera en áreas rurales.

Los sistemas de manejo y tratamiento de residuales comprenden seis operaciones básicas: producción, colección, almacenamiento, tratamiento, transferencia y utilización o reciclaje (Midwest Plan Service, 1985 y Ohio State University, 1992).

La producción de residuales incluye además de las heces y orina, el alimento desperdiciado, la paja de las camas, el agua de lavado con el material que acarrea y el agua desperdiciada de los chupones o bebederos. Por deficiencias en la infraestructura de las granjas, pasan a formar parte del agua residual todos aquellos materiales que se desprenden de un piso de tierra (cero casos en la muestra), que caen a los drenajes cuando estos son a cielo abierto (42% de las granjas del espacio de estudio), el que se acumula en las áreas abiertas y el agua de lluvia cuando no existen drenajes pluviales (85% de los casos).

Sin duda, la deficiente infraestructura, más un mal manejo de la basura en la granja, ocasionan que se deba almacenar, coleccionar y tratar un volumen de agua residual mucho mayor que el estrictamente generado cuando las condiciones son óptimas.

Una instalación clave para la etapa de colección en granjas grandes y medianas es el cárcamo, que tiene como función suavizar las fluctuaciones de las descargas, homogeneizar la mezcla para bombearla posteriormente a una segunda operación unitaria de tratamiento y sedimentar parte de los sólidos.

No todos los sistemas de tratamiento incluyen la construcción de un cárcamo; en la digestión aerobia el efluente pasa directamente al digestor, pero en los tratamientos anaeróbicos o en los facultativos es recomendable el paso previo

por un cárcamo.

Según la muestra levantada, la mitad de las granjas cuentan con esta instalación; pero curiosamente, la cuarta parte de las granjas pequeñas tienen construido un cárcamo, no obstante que para este tipo de granjas sería más recomendable instalar un biodigestor ya sea de concreto o de plástico.

En las etapas de almacenamiento y tratamiento la infraestructura incluye fosas, charcas (pequeñas lagunas sin revestimiento), lagunas, digestores, decantadores, canales de oxidación, más equipo compuesto por bombas, cribas, rejillas y diferentes tipos de separadores.

Para acotar la heterogeneidad del equipo e infraestructura de almacenamiento y manejo, los procesos encontrados en las granjas se clasificaron como sigue:

- a) una y dos operaciones unitarias (distintas combinaciones de recolección, almacenamiento, separación y tratamiento),
- b) tratamiento "completo" cuando existían tres procesos, por ejemplo, recolección en un cárcamo, separación manual o mecánica y almacenamiento y tratamiento en una laguna,
- c) sólo laguna, y
- d) sin tratamiento.

De acuerdo con la información obtenida de la encuesta, sólo el 9% de las granjas en el espacio de estudio carecen por completo de operaciones unitarias de tratamiento; un 73% cuenta con un mínimo de dos operaciones unitarias y poco menos del 50% tienen un sistema de tratamiento "completo" (Cuadro 3.24).

CUADRO 3.24 SISTEMAS DE TRATAMIENTO

OPERACIONES UNITARIAS	% de granjas
Tratamiento "completo"	45.5
Dos operaciones unitarias	27.2
Una operación unitaria	9.1
Sólo laguna	9.1
Sin tratamiento	9.1
Total	100.0

Fuente: Cuadro 11 del Apéndice Estadístico)

Información obtenida en la Gerencia de la CNA en Guanajuato²² reporta que en el municipio de Pénjamo el 17% de las granjas descargan agua residual sin tratamiento. La diferencia entre esta fuente y la encuesta se debe a que por una parte, el universo de referencia de la CNA es la totalidad del municipio y el de la encuesta el núcleo que forman Santa Ana Pacueco y La Piedad.

Las granjas que se encuentran más alejadas de este centro han estado menos presionadas por la autoridad para instalar sistemas de tratamiento.

De las granjas que cuentan con un sistema de tratamiento “completo” en el espacio de estudio, el 100% son granjas grandes, 50% medianas y 35% pequeñas, estructura que puede responder a la gradualidad normativa.

Un dato que se debería tomar en cuenta para la instalación de un sistema de tratamiento es el tipo de cuerpo receptor, pues los LMP para los contaminantes cambian de acuerdo con éste e incluso cambia la norma que regula la descarga. Por ejemplo, una granja de la muestra deberá cumplir con lo establecido por la NOM-002-ECOL-1997 porque descarga al alcantarillado municipal; los LMP para esta granja son más laxos que para las granjas normadas por la NOM-001. En el espacio de estudio las descargas se hacen a los siguientes cuerpos receptores:

CUADRO 3.25 DESCARGA FINAL

CUERPO RECEPTOR	% de granjas
Terreno agrícola	51.6
Cuerpo de agua prop. nación	33.3
Laguna (descarga cero)	12.1
Alcantarillado público	3.0
Total	100.0

Fuente: Cuadro 12 del Apéndice Estadístico

Al cruzar las variables sistema de tratamiento y cuerpo receptor, encontramos que la totalidad de granjas que no tienen sistema de tratamiento descargan a cuerpos de agua propiedad de la nación: río Lerma, Cañada de Ramírez, dren de alivio y arroyos que convergen al Lerma. En teoría, estas granjas serán sometidas a una mayor vigilancia por parte de la autoridad según su

²² No fue posible conseguir esta información de la Gerencia de la CNA en Michoacán.

fecha de cumplimiento y son las menos preparadas para responder a esa presión (Cuadro 13 del Apéndice Estadístico).

Otro dato extraño es que casi la mitad de las granjas que tienen un tratamiento "completo" descargan a terrenos agrícolas cuando con una laguna podrían estar dentro de los LMP para metales pesados y cianuros, ya que los parámetros básicos no se aplican en este caso.

Aquí vale la pena abrir un paréntesis para tocar el tema de los coliformes fecales. El sistema de monitoreo de cuerpos de agua de la CNA detecta frecuentemente la presencia de coliformes fecales, que son indicadores de que existen otros patógenos, en la mayor parte de los recursos hídricos del país. La preocupación razonable de la CNA al respecto se tradujo en la imposición de un LMP para este patógeno de 1000 NMP por 100 ml de agua.

Aplicar este límite a la descarga de agua residual a cuerpos receptores de agua sigue siendo razonable, pero ya no lo es tanto cuando se extiende a la descarga a terrenos agrícolas. Este tema fue objeto de debate con autoridades de la CNA en los seminarios sobre manejo de residuales porcinos que se realizaron en 1995 y 1997²³, porque siendo la aplicación de agua residual al suelo por riego o infiltración, la probabilidad de que los patógenos se dispersen en el ambiente son mínimas.

La solución que se propone es aplicar cloro al agua residual; sin embargo es cara y en opinión de expertos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, contraproducente en términos ambientales por las reacciones a que da lugar el cloro al mezclarse con otros elementos.

Ningún sistema de tratamiento podrá abatir los coliformes fecales a los límites que exige la norma; se requiere usar desinfectantes, pero entonces, además de que se incrementa el costo de tratamiento se obstaculiza el funcionamiento de los tratamientos biológicos, ya que bacterias y enzimas son susceptibles a los desinfectantes.

Los sistemas de tratamiento del espacio de estudio corresponden a la

clasificación convencional que los agrupa en primarios, que corresponden a tratamientos físicos y secundarios, que son tratamientos biológicos o una mezcla de físicos y biológicos.²⁴ No se encontraron en la encuesta levantada granjas que utilizaran productos químicos o sistemas de tratamiento más sofisticados y caros como son los terciarios. Tampoco se encontraron clarificadores, plantas de evaporación de líquidos para estabilización del pH, sistemas de lodos activados o los llamados sistemas de descontaminación productiva integrados por biodigestores²⁵ y canales de plantas acuáticas como el buchón de agua (*Eichornia crassipes*) o la lemna (*Lemna minor*), que además de degradar la materia orgánica constituyen un alimento importante para el ganado por su alto contenido de proteína. (Chará, 1998)

De acuerdo con los resultados de los análisis de agua, sistemas de tratamiento "completos" no están removiendo ni el 80% de la carga orgánica, tarea que podría realizar una sola laguna si estuviera bien diseñada. (Moser, 1995, Moser, 1997). La respuesta más sencilla es atribuir este problema a un mal diseño del sistema; no obstante, pueden influir otros factores, un defectuoso manejo de los componentes, descomposturas del equipo, etc.

Comparado el volumen de algunas de las lagunas de la región con el sugerido por el programa de cómputo PigMex, que calcula un tamaño de laguna ideal para una granja promedio en tres regiones climáticas del país, se puede observar que las lagunas del espacio de estudio tienen una capacidad menor que la propuesta por el programa PigMex. (Cuadro 14 del Apéndice Estadístico)

El porcicultor ha construido lagunas y ha adquirido equipo –que a veces no utiliza– porque lo ha presionado la autoridad, pero lo ha hecho sin un soporte técnico adecuado. Ha invertido, ha "internalizado" parte del costo ambiental, pero no logra cumplir con la normatividad y lo que es todavía peor, no mejora la calidad del ambiente y por lo tanto la calidad de vida de los lugareños.

²³ Cocoyoc, Morelos en 1995 y Galindo, Querétaro en 1997

²⁴ Sólo una granja empleaba enzimas.

²⁵ Biodigestores de plástico de flujo continuo desarrollados por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia.

3.3.4 Internalización del costo ambiental

i) Inversión en sistemas de tratamiento

Como mencionamos con anterioridad, fue sumamente difícil conseguir información sobre el costo actual de la infraestructura y del equipo de tratamiento que existe en la granja, porque se trata, por lo general, de construcciones hechas hace mucho tiempo y en ocasiones por el mismo porcicultor. Asignarle un valor en este momento, cuando en la mayoría de los casos ya se ha depreciado, resultó complicado.

Los datos con los que se trabaja en esta investigación fueron los estimados por los porcicultores, quienes hicieron consideraciones sobre el tiempo de uso de las instalaciones y el equipo y los precios que rigen actualmente en el mercado.

De las 33 granjas de la muestra se eliminaron seis, tres por carecer de sistema de tratamiento (una mediana y dos pequeñas) y otras tres (una grande y dos pequeñas) porque no proporcionaron información.

De los conceptos incluidos en el cuestionario se eliminó el valor de la red de conducción hacia el sistema de tratamiento debido a que diez productores no pudieron estimar su valor actual. La inversión total en sistemas de tratamiento incluyó finalmente el valor de once conceptos: cárcamo, fosa, lagunas, cercas, digestores, decantadores, otra infraestructura, bombas de aguas residuales, bombas de lodos, separadores y otro equipo.

El cuadro 3.26 resume la inversión total en sistemas de tratamiento en cada uno de los estratos manejados, el promedio por tamaño de granja y el promedio por UPA para cada estrato.

CUADRO 3.26 INVERSIÓN EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO
(promedio y por UPA)

TAMAÑO GRANJA	ITST (pesos)	ITST PROM (pesos)	ITST/UPA Pesos/UPA	%	% 1)
Grandes	1,831,018	915,509	76.9	100.0	100.0
Medianas	2,432,223	270,247	85.9	111.7	125.6
Pequeñas	1,630,575	101,911	106.2	138.1	138.1
Total	5,893,816	218,289	87.3		

¹⁾ Eliminando una granja mediana cuyo costo está subestimado.

ITST: Inversión total en sistema de tratamiento; PROM: Promedio, UPA: Unidad de producción animal (100 kg de peso vivo)

Fuente: Cuadro 15 del Apéndice Estadístico

Puede observarse que en relación con la inversión en sistemas de tratamiento por UPA en las granjas grandes, las medianas representarían un 11 por ciento más y las pequeñas un 38 por ciento más. Este resultado era de esperarse, porque se trata de una premisa teórica y porque se ha comprobado empíricamente en otras investigaciones sobre el tema (Drucker *et.al.* 1997), que las economías de escala en los sistemas de tratamiento actúan contra las granjas pequeñas y si bien éstas disponen de un plazo mayor para el cumplimiento ambiental, la realidad es que muchas de ellas ya han hecho inversiones con cargo a su competitividad. Esta sería otra de las desventajas de la estrategia de "comando y control": su regresividad desde el punto de vista distributivo.

En el Cuadro 3.27 se observa que a mayor tamaño de granja el sistema de tratamiento instalado es más "completo" (dos y tres operaciones unitarias), sin embargo, no es mejor la calidad del agua residual descargada.

**CUADRO 3.27 SISTEMAS DE TRATAMIENTO
POR TAMAÑO DE GRANJA
(porcientos)**

Sistema de tratamiento	Grande	Mediana	Pequeña
Tratamiento completo	100.0	30.0	11.1
2 Operaciones unitarias		50.0	11.1
1 Operación unitaria		10.0	66.7
Sin tratamiento		10.0	11.1
TOTAL	100.0	100.0	100.0

Fuente: Encuesta

Como proporción de la inversión total realizada en la granja, la inversión en sistemas de tratamiento representa un porcentaje reducido, entre el 1.5 y el 2.3% en las granjas grandes; entre el 0.8 y el 9.1% en las granjas medianas y entre el 0.1 y el 11.8% en las pequeñas. En promedio, para todas las granjas, la inversión en sistemas de tratamiento representa sólo el 2.1% de la inversión total en granja.

**CUADRO 3.28 INVERSIÓN EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO
RESPECTO DE LA INVERSIÓN TOTAL
(porcientos)**

Granja N° de folio	GRANDES (%)	Granja N° de folio	MEDIANAS (%)	Granja N° de folio	PEQUEÑAS (%)
1	2.3	3	4.9	12	0.1
2	1.5	4	4.9	15	11.8
		5	3.0	17	3.0
		6	5.0	18	0.7
		7	1.9	19	1.2
		8	9.1	20	1.0
		9	0.8	21	3.5
		10	6.6	24	0.3
				26	3.3

Fuente: Cuadro 15 del Apéndice Estadístico

ii) Pago de derechos

El pago de un derecho por el uso de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, se establece en el artículo 278 de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua²⁶. Para tal fin, el artículo 278-A clasifica a los cuerpos propiedad de la nación en tres categorías: A, "todos los que no se señalan como tipos B o C"; se consideran B todos los Estuarios y Humedales Naturales". Asimismo, se consideran tipo B, todos los Embalses Naturales o Artificiales, a excepción de los que se clasifican como tipo C." (Ley Federal de Derechos, p. 68)

Según el artículo 278, para el pago del derecho se considera el tipo de cuerpo receptor, el volumen de agua descargada y los contaminantes vertidos que rebasen los LMP establecidos en la misma Ley.

El artículo 278-A incluye una larga lista de cuerpos receptores clasificados como tipo "B" entre los que se encuentran el río Lerma en el tramo que comprende los municipios de Pénjamo en Guanajuato y de La Piedad y Numarán en el estado de Michoacán (Ley Federal de Derechos p. 73 y 76).

El procedimiento para el cálculo del derecho se establece en el artículo 278-B donde se incluye una tabla²⁷ que también clasifica los cuerpos receptores

²⁶ Comisión Nacional del Agua, Enero, 1999

²⁷ Tabla 1, p. 93

para el pago del derecho. En esta tabla, por ejemplo, se considera a los ríos con uso en riego agrícola como cuerpo receptor tipo A, pero el Lerma, según el Art. 278-A en los tramos del espacio de estudio se considera B.

Autoridades de la CNA en Guanajuato aclararon que el Lerma en esos tramos se considera cuerpo receptor A de acuerdo con la Tabla 1 de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, por lo tanto, el pago de derechos, con base en las muestras de agua tomadas en un día y hora determinados, se hará sobre coliformes fecales para las granjas que descargan a suelo con uso agrícola, y sobre SST, DBO y N para las granjas que descargan a cuerpo receptor de la nación. En cualquier otro momento, el parámetro sobre el cual se realice el cálculo del pago y el monto de éste pueden ser completamente diferentes.

CUADRO 3.29 PAGO TRIMESTRAL DE DERECHOS POR TIPO DE CUERPO RECEPTOR (pesos)

Folio	Cuerpo receptor	Sistema de Tratamiento	Parámetros y pago de derechos			
			LFD	\$	LFD	\$
3	Descarga cero	Tratamiento completo	s/p	0		
6	Descarga cero	Tratamiento completo	s/p	0		
18	Descarga cero	2 operaciones unitarias	s/p	0		
13	Terreno agrícola	1 operación unitaria	CF	3,034		
5	Terreno agrícola	Tratamiento completo	CF	2,581		
4*	Terreno agrícola	Tratamiento completo	CF	2,482	N	5,985
39*	Terreno agrícola	1 operación unitaria	CF	521	SST	10,512
38*	Laguna y dren urbano	2 operaciones unitarias	CF	1,085	N	5,828
14	Dren de alivio	Tratamiento completo	SST	77,359		
9	Arroyo	Sin tratamiento	SST	64,120		
11	Río	1 operación unitaria	SST	42,096		
20	Río	Tratamiento completo	DBO	236,634		
16	Arroyo	2 operaciones unitarias	DBO	66,021		
21	Dren de alivio	Sin tratamiento	DBO	9,515		

Fuente: Encuesta

s/p granjas que no pagan derechos por tener descarga cero

* Granjas que eventualmente descargan a cuerpo receptor nacional

En la muestra aparecieron tres granjas a las cuales no se les tomó muestra de agua porque tienen lagunas de descarga cero. Eventualmente, estas granjas tendrán que demostrar a la CNA que sus lagunas no tienen filtraciones y por tanto no contaminan el manto freático, o éste es lo suficientemente profundo como para que el suelo actúe como filtro. Sin embargo, hay especialistas que sostienen que

sin importar la profundidad del manto freático, en algún momento los contaminantes lo alcanzarán, es cuestión de tiempo. En todo caso, en la actualidad, estas granjas tienen mucho menos problema que las demás.

Hay otras tres granjas que a veces descargan a terreno agrícola y otras lo hacen a cuerpos de agua; en el primer caso el pago se haría sobre coliformes fecales y sería menor que en el segundo caso, donde los parámetros que se rebasan son el nitrógeno y los SST. La granja 39 es pequeña, usa poca agua y por eso cuando descarga a terreno agrícola paga una cantidad reducida por CF; pero en cambio, porque usa poca agua y porque sólo tiene una operación unitaria, su descarga es muy concentrada y su pago por SST es muy elevado.

El conjunto de elementos que intervienen en el cálculo del pago del derecho son demasiados como para poder hacer generalizaciones o vislumbrar una tendencia: las granjas difieren en tamaño, cantidad de agua utilizada, infraestructura de conducción de agua residual, sistema de tratamiento, eficiencia del mismo, cuerpo al que descargan, forma como se toma la muestra y laboratorio en el que se analiza.

Aunque el pago sobre coliformes fecales es mucho menor que el que se hace sobre otros parámetros, se considera que es un pago que debería condonarse; sólo se debe asegurar que el riego con agua residual se aplique bajo determinadas reglas agronómicas y otorgar facilidades para que el agua residual se transfiera entre productores bajo condiciones que no causen perturbaciones en el ambiente.

Regresando a las posibilidades que se plantearon al principio de este capítulo en relación con las formas como se internaliza el costo ambiental en la porcicultura tenemos lo siguiente:

- 1) Si el sistema de tratamiento cumple con los LMP de la norma para cualquiera de los cuerpos receptores o genera una descarga "cero", la internalización del costo ambiental es igual a la inversión en un sistema de tratamiento, más su costo de operación:

$$I_{CA} = I_{ST} + C_O$$

donde:

I_{CA} = internalización del costo ambiental

I_{ST} = inversión en sistemas de tratamiento

C_O = costo de operación

Ninguna granja tuvo un sistema que cumpliera con la norma vigente, pero tres de ellas invirtieron en sistemas de tratamiento con los cuales lograron una descarga "cero". Para estas granjas la inversión inicial para internalizar el costo ambiental osciló entre \$56.66 y 90.97 pesos por unidad de producción animal (Cuadro 3.30)

CUADRO 3.30 INVERSIÓN INICIAL EN LAGUNA DE DESCARGA "CERO"
(pesos)

Folio	Tamaño Granja	Sistema de Tratamiento	$I_{ST} + C_O$	$I_{ST} + C_O / UPA$
3	Grande	TC	1,183,714	67.08
6	Mediana	TC	284,280	90.97
18	Mediana	2 OP UNIT	186,300	56.66

Fuente: Encuesta

TC: tratamiento completo; OP UNIT: operaciones unitarias;

2) Si no hay sistema de tratamiento y se descarga un efluente "crudo" a un cuerpo receptor que es un bien nacional, la internalización del costo ambiental (I_{CA}) estará representada por el pago total del derecho (P_{TD}) sobre el parámetros que rebase más veces el LMP de la norma. En granjas porcinas será sobre un básico, SST ó DBO (Cuadro 3.32).

$$I_{CA} = P_{TD}$$

CUADRO 3.31 PAGO ANUAL DE DERECHOS. DESCARGA CRUDA
(pesos)

Folio	TG	ST	Parámetro	P_{TD}	UPA	P_{TD} / UPA
9	M	s/t	SST	256,480	3,101	82.7
21	P	s/t	DBO	38,060	1,057	36.0

Fuente: Encuesta

TG: tamaño de granja; M: mediana; P: pequeña; ST: sistema de tratamiento; s/t: sin tratamiento; SST: sólidos suspendidos totales; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; P_{TD} : pago total de derechos; UPA: unidad de producción animal

En teoría, estas granjas deberían pagar sobre SST, sin embargo, en la granja pequeña la concentración de DBO fue mayor que la de SST.

3) Si el sistema de tratamiento no cumple con los LMP de contaminantes de la norma, el costo ambiental se integrará con la depreciación de la inversión en el sistema y equipo de tratamiento, el costo de operación y el pago parcial del derecho:

$$I_{CA} = I_{ST} + C_O + P_{PD}$$

I_{CA} = internalización del costo ambiental

I_{ST} = inversión en sistemas de tratamiento

C_O = costo de operación

P_{PD} = pago parcial de derechos

CUADRO 32: COSTO AMBIENTAL ANUAL: DEPRECIACIÓN, COSTO DE OPERACIÓN Y PAGO PARCIAL DE DERECHOS (pesos)

Folio	TG	Depreciación	Costo de operación	Pago anual de derechos	Costo anual ambiental	Costo anual ambiental/ UPA
4	M	7,850	1,700	23,940	33,490	8.39*
5	G	59,433	1)	10,324	69,757	11.30
11	M	19,711	1)	168,324	188,095	64.50
13	P	1,000	0	12,136	13,136	8.07
14	M	39,776	9,400	309,436	358,612	86.39
16	M	23,000	6,300	264,084	293,384	94.46
20	P	15,000	4,000	946,536	965,536	757.28
38	P	13,125	750	23,312	37,137	51.58*
39	P	1,250	5,000	42,048	48,298	99.17*

Fuente: Encuesta

*Pago sobre cuerpo receptor; granjas que eventualmente descargan a terreno agrícola.

1) Sin información

Se observa en el cuadro anterior que una de las granjas tendría un costo ambiental excesivo por concepto de pago de derechos; se trata de la granja cuyos análisis de agua presentaron concentraciones muy elevadas de DBO y SST²⁸. Una situación de este tipo no es representativa del agua residual porcina.

Eliminando la granja atípica, el costo ambiental anual por unidad de

producción animal oscilaría entre \$8.07 pesos en una granja pequeña que sólo cuenta con una laguna y descarga a terreno agrícola, y \$99.17 pesos por UPA también en una granja pequeña que tiene dos operaciones unitarias y descarga a un cuerpo receptor propiedad de la nación.

El cuadro siguiente muestra la reducción en el costo ambiental anual si todas las granjas descargaran a terreno agrícola.

**CUADRO 3.33 COMPARACIÓN COSTO ANUAL AMBIENTAL
CUERPO DE AGUA Y SUELO
(pesos)**

Folio	TG	Sistema de Tratamiento	Cuerpo de agua CAA/UPA	Suelo CAA/UPA
4*	M	"Completo"	8.39	4.88
5	G	"Completo"	11.30	11.30
11	M	Sólo laguna	64.50	6.76
13	P	Sólo laguna	8.07	8.07
14	M	"Completo"	86.39	11.85
16	M	"Completo"	94.46	9.43
20	P	"Completo"	757.28	14.90
38*	P	2 op unitarias	51.58	25.26
39*	P	2 op unitarias	99.17	17.11

Fuente: Encuesta

*Descargan a terreno agrícola eventualmente.

CAA/UPA: costo ambiental anual por unidad de producción animal

3.3.5 Reciclaje

La forma más razonable de manejar el agua residual y las excretas de las granjas porcinas es reciclándolas como insumos para otras actividades. La operación de reciclaje requiere que los residuales tengan un tratamiento previo cuyo objetivo puede ser maximizar la recuperación de nutrientes o maximizar la reducción de nutrientes.

Para el primer objetivo se emplean digestores de metano (producen energía y un lodo digerido que se utiliza como fertilizante); separadores de sólidos y líquidos para la selección de nutrientes a través de la actividad bacteriana; ensilajes o composta de los sólidos contenidos en las excretas para reciclarse en la alimentación animal o como mejoradores del suelo; técnicas de aereación,

²⁸ Se explicó anteriormente este problema

volatilización y absorción de nutrientes solubles en el suelo para el crecimiento de diverso tipo de vegetación.

Los tratamientos más frecuentes para la reducción de nutrientes son las lagunas aerobias, anaerobias o facultativas, la construcción de humedales y otros sistemas de filtración vegetativa, con los cuales se intenta reducir los niveles de nutrientes. (Sutton, 1995)

Las excretas porcinas, que están formadas por los alimentos que no fueron asimilados por el cerdo y que son eliminadas en las deyecciones, contienen una serie de compuestos que pueden ser útiles en la producción de biogas, de fertilizante orgánico y de alimento animal.

i) Producción de biogas

El biogas es una mezcla de metano (40-60%), dióxido de carbono (30-60%), sulfuro de hidrógeno (0-3%) e hidrógeno (0-1%) que se obtienen de la descomposición de la materia orgánica realizada por la acción bacteriana en condiciones anaerobias. Como coproducto se obtiene un residuo semisólido rico en nitrógeno llamado bioabono.

El gas que le da características combustibles al biogas es el metano; el valor energético del biogas dependerá la concentración de metano²⁹. De acuerdo con el tipo, dimensiones y eficiencia del biodigestor, se puede producir de 0.37 a 0.50 metros cúbicos de gas por kilogramo de excretas. (Campabadal, 1995).

La utilización de biodigestores tiene entre otras ventajas mantener e incluso mejorar la capacidad fertilizante del estiércol; los nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como elementos menores, son conservados en el efluente, que es mucho menos oloroso que el afluente. Por otra parte, se ha demostrado a nivel experimental que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven al proceso de biodigestión (Zapata, 1998).

Entre las desventajas que se pueden observar es que en explotaciones de gran escala, el manejo eficiente de los digestores es una operación compleja, cara e incluso peligrosa y sólo resulta redituable en países donde el precio de los

combustibles es relativamente alto³⁰.

En granjas pequeñas, las bondades del empleo de biodigestores plásticos de flujo continuo de inspiración taiwanesa y muy bajo costo, han quedado demostradas en países como Colombia y Cuba.³¹

ii) Alimento animal

Se pueden distinguir dos diferentes enfoques respecto del empleo de los residuos ganaderos en la alimentación animal. En Europa existe un rechazo generalizado a reciclar excretas como forraje con base en dos argumentos: a) los riesgos que pudiera causar en la salud humana y b) porque las excretas, con excepción de la pollinaza, tienen un bajo valor nutritivo, sobre todo en explotaciones semi intensivas donde el forraje empleado con frecuencia no tiene la calidad necesaria (J. De Witt *et al*, 1997, Steinfeld *et al*, 1997).

En América Latina y en los EUA prevalece el planteamiento de que la alimentación animal con excretas procesadas no afecta el rendimiento animal si las raciones contienen las cantidades requeridas de nutriente, particularmente energía.

En opinión de algunos especialistas (Sutton, 1995), el empleo de los nutrientes contenidos en las excretas como forraje, es el uso más valioso que puede darse en el reciclaje de este recurso y los rumiantes es la especie más apropiada por su habilidad para utilizar la fibra y los componentes de nitrógeno no proteico.

iii) Fertilizante orgánico

El reciclaje de los nutrientes que se encuentran en las excretas porcinas (nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, magnesio y calcio, entre otros), como abono en la agricultura puede hacerse en forma altamente tecnificada, como en Holanda y España o también de manera rústica, como se realiza en algunas

²⁹ Alrededor de 20—25 MJ/m³ en comparación con 33—38 MJ/ m³ para el gas natural.

³⁰ Por ejemplo, en los EUA el precio del metro cúbico de biogas en 1997 fue de 0.19 USD. (J, de Witt, 1997). En México, en precio del gas licuado en ese año fue de 0.189 USD.

³¹ "Biodigestores plásticos de flujo continuo, generador de gas y bioabono a partir de aguas servidas".FAO, CIPAV, Cali, 1995

regiones de México.

Con sistemas de limpieza en seco, las excretas se acumulan en la granja para su aplicación en determinados momentos del ciclo de la planta. Cuando se emplea agua para limpiar los corrales, se hace necesario construir lagunas para almacenar el agua residual durante la temporada en que no es posible aplicarla a la agricultura. La separación de sólidos previa a la laguna, puede reducir los requerimientos de almacenamiento hasta en un 50%.

Existe una vasta literatura impresa y en forma electrónica sobre la aplicación de los residuales porcinos en la agricultura, en la que se proporciona la información técnica básica para que se pueda llevar a cabo este tipo de reciclaje a partir de los elementos de fertilización contenidos en las excretas, las necesidades de los cultivos y las características del suelo. Asimismo, esta información en forma de manuales y folletos de divulgación, presenta opciones sobre la maquinaria y el equipo necesarios para el riego agrícola cuando éste se realiza por infiltración o por aspersión.

Gran parte de esta información ha sido generada en los EUA donde la descarga a cuerpos de agua está prohibida y el porcicultor se ve en la necesidad de construir lagunas de gran tamaño. Las dimensiones de estas lagunas deben ser tales que puedan contener el agua residual generada por la granja durante los meses en los que no es posible aplicarla a los cultivos (generalmente seis meses), la precipitación pluvial promedio de los meses de lluvia, más la precipitación máxima de una tormenta de 24 horas en 25 años.

La limpieza o extracción de lodos de estas lagunas, operación que se realiza cada 15 ó 20 años, es costosa y genera un problema ambiental de distinto tipo que es la disposición de lodos resultantes.

Según la encuesta levantada, en las granjas del espacio de estudio el reciclaje de excretas y aguas residuales porcinas presenta algunos rasgos peculiares; los porcicultores no sólo emplean sólidos y líquidos como fertilizantes y alimento animal sino que “traspasan” agua residual a vecinos y venden sólidos en lo que constituye un mercado tradicional de excretas en la región.

CUADRO 3.35 RECICLAJE DE RESIDUALES

	N° de granjas	%
FERTILIZANTE		
Sólo sólidos	14	42.4
Sólo líquidos	19	57.6
Sólidos y líquidos	10	30.3
VENDEN SÓLIDOS PARA FERT.	10	30.3
REGALAN SÓLIDOS	7	21.2
TRASPASAN AGUA RESIDUAL	5	15.2
ALIMENTAN GANADO	12	36.3
RIEGAN Y ALIMENTAN GANADO	11	33.3
USAN SÓLIDOS, AR Y AL. GANADO	6	18.2
PRODUCEN BIOGAS	1	3.0
LAVAN CORRALES CON AR	0	0.0
TOTAL GRANJAS	33	

Fuente: Encuesta

 TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

El 82% de los productores practican alguna forma de reciclaje de residuales; el 57% emplea agua residual en riego agrícola, el 42% emplea las excretas como fertilizante en la agricultura y el 36% en la alimentación animal; 30% usa los sólidos y los líquidos en la agricultura y un porcentaje parecido emplea el agua residual en la agricultura y las excretas como alimento animal; un 18% recicla sólidos y líquidos en la agricultura y excretas en la ganadería.

El espacio de estudio forma parte de una importante zona agrícola en donde la calidad de la tierra varía considerablemente entre la parte que se localiza en el municipio de Pénjamo, al que corresponden los típicos suelos negros del Bajío y la parte de los municipios de La Piedad y Numarán, donde los suelos son arcillosos y de menor calidad.

El elevado porcentaje de porcicultores que emplean los residuales en la agricultura, que es una de las formas de reciclaje que la normatividad ambiental está tratando de fomentar, parece ser alentador; sin embargo, cuando se examinan los datos con mayor detenimiento se perciben situaciones anómalas y preocupantes.

Precisamente, porque la normatividad promueve el reciclaje en riego agrícola, varios productores declararon emplear el agua residual en extensiones

que resultaron mayores a las que poseen como terreno agrícola, ya sea integrado a la granja o fuera de ella.

El 70% de las unidades posee terreno agrícola, pero el 56%, tiene menos de 10 hectáreas, extensión insuficiente para reciclar los residuales generados en la granja.

De acuerdo con el programa PigMex³², una granja en el centro del país que tenga 1,000 vientres, que emplee aproximadamente 10 litros de agua por cerdo (PPP) y que cuente con una laguna donde se remueva entre el 50 y 70% de la materia orgánica, necesitará 37 hectáreas para regar una combinación de cereal (preferentemente maíz o sorgo) en dos ciclos agrícolas al año ó 27 hectáreas si se levantan dos cosechas de cereales al año.

Suponiendo que la laguna estuviera dimensionada correctamente, la densidad aproximada de cabezas por hectárea para lograr absorber los nutrientes de las excretas sería de 200 cerdos/ha. y sólo el 31% de las granjas cumplen con esta proporción.

Lo anterior plantea un problema muy importante de aplicación excesiva de nutrientes al suelo en tres cuartas partes de las granjas que reciclan agua residual y excretas en la agricultura. Esta situación se agrava cuando no existen lagunas que remuevan los contaminantes, cuando éstas no tienen las dimensiones adecuadas, cuando no se limpian con la frecuencia necesaria (36% de las granjas jamás han sacado lodos de sus lagunas y 9% de sus fosas) y cuando el nivel del manto freático es elevado.³³

Las combinaciones más frecuentes de cultivos son sorgo en el ciclo de primavera-verano (PV) y trigo en el de invierno (18%), sorgo (PV) combinado con alfalfa (12%), maíz-pastos, sorgo-pastos, maíz-alfalfa, sorgo-avena forrajera, o en un solo ciclo maíz (9%), alfalfa, sorgo, garbanzo forrajero (6%). En todos los casos el riego con agua residual se realiza por rodeo.

Los porcicultores que no emplean agua residual en riego agrícola es porque

³² Programa PigMex para el Manejo y control de agua residual y excretas porcinas. Consejo Mexicano de Porcicultura, 1996

no tienen terreno o el que tienen no es suficiente o por carecer del equipo adecuado para realizar esta práctica.

Durante dos o tres meses al año, se activa un mercado de cerdaza que por lo visto data de tiempo atrás; el 30% de los porcicultores encuestados comentaron que desde hace muchos años, durante los meses de estiaje venden parte de la cerdaza a los productores de aguacate de la zona de Uruapan. El producto se comercializa sin ningún tratamiento, se transporta con un contenido de humedad muy alto y tiene un precio muy bajo, entre 75 y 80 pesos el metro cúbico.

Los ingresos que recibe el porcicultor por este concepto son insignificantes y lo hacen más con la finalidad de deshacerse de la cerdaza que de obtener un beneficio económico. Algunos porcicultores dejan en manos de sus trabajadores la venta de la cerdaza como un complemento al salario y otros (21%) regalan la cerdaza.

Una línea de investigación agronómica importante sería la transformación de esa cerdaza en una composta equilibrada en los nutrientes que requiere el aguacate y de mayor valor agregado.

El 36% de los productores emplean la cerdaza para la alimentación de rumiantes, mayormente bovinos (50%) aunque también lo hacen en ovinos (16%). A pesar de que sustituyen entre un 20 y un 40% el grano en la dieta de los rumiantes, sólo el 18% de los porcicultores considera que la cerdaza puede tener un valor comercial como alimento animal.

Por último, sólo un porcicultor contaba con un biodigestor antiguo que producía cantidades reducidas de biogas que no se utilizaban en la granja. La producción y utilización de biogas no ha sido atractiva porque el espacio de estudio cuenta con una red de caminos que hace posible llevar gas natural doméstico a todas las granjas, a precios que hasta hace poco eran relativamente bajos.

Sin embargo, el abrupto incremento de los precios del gas de mediados del 2000 a la fecha, la posibilidad de que se elimine el subsidio a las tarifas eléctricas

³³ En las granjas encuestadas éste varió entre 20 y 210 m

y la perspectiva de privatizar la industria eléctrica, deben llevar a un replanteamiento serio acerca de la sustitución, parcial o total, de estas fuentes de calor por biogas.

Conclusiones del capítulo

El objetivo del presente capítulo fue analizar la internalización del costo ambiental en las granjas porcinas del espacio de estudio, a partir de la información obtenida de una encuesta basada en una muestra estratificada. De los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1^a La heterogeneidad de la porcicultura en el espacio de estudio y los numerosos factores que intervienen en la internalización del costo ambiental, hacen especialmente difícil encontrar uno o más modelos a partir de los cuales sea posible extrapolar los resultados del ejercicio sobre internalización.

2^a Sin embargo, se detectaron algunas características que pueden ser generalizables hacia otras granjas y otras regiones:

a) internalización del costo ambiental medido como inversión inicial en sistemas de tratamiento por unidad de producción animal (UPA), es mayor en las granjas pequeñas que en las medianas y grandes,

b) el costo ambiental representado por el pago de derecho sin considerar la depreciación del sistema cuando éste existe, es mayor en las granjas medianas que en las pequeñas y grandes,

c) el costo ambiental como inversión en una laguna de descarga cero fue mayor en una granja mediana que en una grande

d) el pago de derechos por UPA en granjas que no tienen sistema de tratamiento fue mayor la granja media que en la pequeña

e) por las características de la norma, el costo ambiental es menor cuando se descarga a terreno agrícola, sin embargo, la asociación costo ambiental – cuerpo receptor no fue significativa, y

f) por último, las granjas pequeñas generan, en promedio, tres veces más agua residual por UPA que las granjas medianas y grandes, pero de acuerdo con la norma, su plazo de cumplimiento es el 2010. La norma y la estrategia de su vigilancia subestima el impacto de las descargas de los “contaminadores menores”.

3^a De acuerdo con la información de las Asociaciones Locales de Porcicultores de

La Piedad y Santa Ana Pacueco, las granjas medianas generan el 50% de la contaminación medida como producción de sólidos suspendidos totales, contaminantes crítico en la región (Hansen, 1998), le siguen las pequeñas con el 28% del total y por último, las grandes con un 22%. Según la encuesta levantada, las granjas grandes y las medianas contaminan en forma similar, 40% y 38% respectivamente. El dinamismo de la actividad porcícola, la variabilidad de los inventarios y la imposibilidad práctica para el observador de conocerlos con precisión, hacen que la estrategia de gradualidad de la norma opere contra el ambiente. No se está haciendo cumplir a corto plazo a un conjunto de granjas que como grupo, tienen un impacto fuerte en la contaminación.

4ª Internalizar el costo ambiental a partir de una norma que establece LMP de contaminantes medidos por sus concentraciones (en miligramos por litro), tampoco es lo más adecuado para una actividad sujeta a las incertidumbres de la naturaleza. Los análisis de agua residual son costosos, complicados y sus resultados muestran una gran variabilidad; calcular el pago de un derecho sobre esta base es imponer un gravamen económico que por lo general no tiene un fundamento sólido.

5ª La norma es una estrategia ambiental aislada; no incluye ninguna medida que ayude a su cumplimiento. Donde las regulaciones han sido exitosas, es porque han ido acompañadas de investigación y difusión de tecnologías, capacitación de los productores y financiamiento.

6ª En el espacio de estudio se ha internalizado el costo ambiental de manera poco eficiente. Las tecnologías empleadas, a pesar de ser poco sofisticadas, son costosas y en términos generales, no han sido aplicadas adecuadamente.

7ª El reciclaje de residuos está difundido pero no generalizado. Tampoco se realiza con un sustento técnico. A las recomendaciones que hacen los campos del INIFAP o las empresas que comercializan los fertilizantes químicos, el productor agrega un 20-25% y a esta sobredosificación se añade el abono orgánico. Salvo casos excepcionales (en la encuesta uno), no se está sustituyendo fertilizante inorgánico por orgánico porque no existen las recomendaciones técnicas sobre su

empleo. Cálculos hechos por especialistas han mostrado una acumulación de nutrientes en el suelo.

8ª Los efectos poco conocidos y excesivamente variantes de los factores que intervienen en el problema ambiental de la ganadería porcina, hacen sumamente difícil la expresión de su impacto en modelos estadísticos como el que se aplicó en este trabajo, que suponen relaciones lineales entre las variables.

LISTA DE CUADROS DEL TEXTO

Cuadro 3.1	Fechas de cumplimiento ambiental según carga orgánica
Cuadro 3.2	Clasificación de las granjas por tamaño según carga orgánica
Cuadro 3.3	Muestra calculado para cada estrato
Cuadro 3.4	Muestra de agua por tamaño de granja
Cuadro 3.5	Parámetros de contaminación
Cuadro 3.6	Muestra calculada y muestra levantada
Cuadro 3.7	Universo, muestra calculada y muestra levantada (número de granjas)
Cuadro 3.8	Muestra calculada, muestra levantada y universo (sólidos suspendidos totales)
Cuadro 3.9	Resultados del modelo de regresión
Cuadro 3.10	Modalidad de las granjas
Cuadro 3.11	Modalidad en granjas reagrupadas
Cuadro 3.12	Escala de producción
Cuadro 3.13	Escala de producción (número de vientres)
Cuadro 3.14	Concentración del inventario porcino
Cuadro 3.15	Agua residual generada por cerdo (PPP)
Cuadro 3.16	Promedio de agua residual por cerdo
Cuadro 3.17	Análisis de agua de pozo y residual
Cuadro 3.18	Calidad del agua residual (porcicultores)
Cuadro 3.19	Calidad del agua residual (investigación)
Cuadro 3.20	Calidad del agua residual (porcicultores e investigación)
Cuadro 3.21	Remoción de contaminantes y sistemas de tratamiento
Cuadro 3.22	Manejo de excretas
Cuadro 3.23	Separación de sólidos
Cuadro 3.24	Sistemas de tratamiento
Cuadro 3.25	Descarga final
Cuadro 3.26	Inversión en sistemas de tratamiento (promedio y por UPA)
Cuadro 3.27	Sistemas de tratamiento por tamaño de granja
Cuadro 3.28	Inversión total en sistemas de tratamiento respecto de la inversión total (porcientos)
Cuadro 3.29	Pago trimestral de derechos por tipo de cuerpo receptor
Cuadro 3.30	Inversión inicial en lagunas de descarga "cero"
Cuadro 3.31	Pago anual de derechos. Descarga cruda
Cuadro 3.32	Costo ambiental anual: depreciación, costo de operación y pago parcial de derechos
Cuadro 3.33	Comparación costo anual ambiental. Cuerpo de agua y suelo
Cuadro 3.34	Reciclaje de residuales

APÉNDICE ESTADÍSTICO

Cuadro 1: GRANJAS GRANDES
Fecha de cumplimiento ambiental
1° de enero de 2000

N°	Código Granja	Número de vientres Cbz.	UPA 100 Kg	SST 0.6 Kg/UPA*día Ton/día
1	5SAP1-CC	1,143	7.171	4.303
2	16SAP1-CC	2,406	5.820	3.492
3	20SAP1-CC	1,906	10.425	6.255
4	1LP-CC	1,150	6.717	4.030
5	33LP-CC	1,269	5.340	3.204
6	26SAP1-EN		5.321	3.193
7	6LP-EN	11	8.530	5.118
		6,605	49.324	29.594
	Promedio	1,651	7.046	4.228
	Desv. Est.	534.8	1.737.6	1.043
	Varianza	286.029	3.019.089	1.087

Fuente: Asociaciones Locales de Porcicultores de La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco, Gto. Febrero, 1999

UPA: unidad de producción animal

SST: sólidos suspendidos totales

SAP: Santa Ana Pacueco

LP: La Piedad

CC: ciclo completo

EN: engorda

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro 2: GRANJAS MEDIANAS
Fecha de cumplimiento ambiental
1° de enero de 2005

N°	Código Granja	Número de vientres	UPA	SST
		Cbz.	100 Kg	0.6 Kg/UPA*día ton/día
1	1SAP1-CC	508	2.968	1.781
2	1SAP2-CC	634	1.905	1.143
3	2SAP1-CC	760	3.790	2.274
4	3SAP2-CC	1104	2.861	1.717
5	3SAP3-CC	1008	3.155	1.893
6	4SAP1-CC	713	2.927	1.756
7	6SAP2-CC	766	3.820	2.292
8	6SAP3-CC	762	3.770	2.262
9	7SAP1-CC	400	2.291	1.375
10	8SAP1-CC	870	4.792	2.875
11	10SAP1-LE	1151	2.606	1.564
12	10SAP2-CC	1354	3.391	2.035
13	10SAP3-CC	861	4301	2.581
14	18SAP1-CC	400	2.297	1.378
15	23SAP1-CC	922	4.051	2.431
16	24SAP1-CC	327	2.074	1.244
17	26SAP1-LE	1360	3.069	1.841
18	29SAP1-CC	310	2.147	1.288
19	3SAP1-EN		4061	2.437
20	16SAP1-EN		2360	1.416
21	16SAP4-EN		2016	1.210
22	16SAP9-EN		4397	2.638
23	2LP-CC	751	4.756	2.853
24	17LP-CC	455	2.510	1.506
25	18LP-CC	628	4.363	2.618
26	27LP-CC	395	2.350	1.410
27	28LP-CC	400	2.184	1.311
28	30LP-CC	1275	2.805	1.683
29	34LP-CC	720	4.150	2.490
30	35LP-CC	205	3.167	1.900
31	36LP-CC	607	3.605	2.163
32	7LP-LE	1827	4.126	2.475
33	10LP-EN		3.216	1.930
		21.473	106.280	63.768
	Promedio	767	3.221	1.932
	Desv. Est.	374.8	856.8	0.514
	Varianza	140.489	734.1	0.264

Fuente y simbología: ver Cuadro 1

Cuadro 3: GRANJAS PEQUEÑAS

Fecha de cumplimiento ambiental
1° de enero de 2010

N°	Código Granja	Vientres de vientres Cbz.	UPA real total 100 Kg	SST 0.6 Kg/UPA*día ton/día
1	3SAP1-CC	400	1.781	1.069
2	6SAP1-CC	470	1.782	1.069
3	9SAP1-CC	459	1.271	0.763
4	11SAP1-CC	41	205	0.123
5	12SAP1-CC	480	1.975	1.185
6	13SAP1-CC	34	264	0.158
7	14SAP1-CC	60	197	0.118
8	15SAP1-CC	317	1.442	0.865
9	16SAP2-CC	622	1.548	0.929
10	17SAP1-PC	536	1.494	0.896
11	19SAP1-CC	125	633	0.380
12	21SAP1-CC	241	1.619	0.971
13	22SAP1-CC	122	732	0.439
14	25SAP1-CC	190	1.192	0.715
15	28SAP1-CC	83	548	0.329
16	1SAP1-EN		418	0.251
17	1SAP2-EN		346	0.208
18	9SAP1-EN		1294	0.776
19	9SAP2-EN		139	0.083
20	16SAP2-EN		869	0.521
21	16SAP3-EN		493	0.296
22	16SAP5-EN		1838	1.103
23	16SAP6-EN		727	0.436
24	16SAP7-EN		1077	0.646
25	16SAP8-EN		205	0.123
26	17SAP1-EN		1781	1.069
27	23SAP1-EN		1488	0.893
28	2SAP1-EN		1181	0.709
29	26SAP2-EN		535	0.321

Fuente y simbología: ver Cuadro 1

...continuación Cuadro 3

N°	Código Granja	Vientres de vientres	UPA real total	SST 0.6 Kg/UPA*día
		Cbz.	100 Kg	ton/día
30	4SAP1-EN		544	0.326
31	3LP-CC	225	1.044	0.626
32	5LP-CC	61	332	0.199
33	46-CC	78	379	0.227
34	47-CC	52	410	0.246
35	8LP-CC	185	1.603	0.962
36	9LP-CC	400	1.938	1.163
37	13LP-CC	138	794	0.476
38	14LP-CC	60	261	0.157
39	15LP-CC	190	952	0.571
40	16LP-CC	356	1.726	1.035
41	19LP-CC	253	1.603	0.962
42	20LP-CC	188	1.130	0.678
43	21LP-CC	200	1.223	0.734
44	23LP-CC	67	147	0.088
45	45LP-CC	112	494	0.297
46	24LP-CC	166	870	0.522
47	25LP-CC	248	546	0.327
48	26LP-CC	88	194	0.116
49	31LP-CC	322	1.724	1.034
50	32LP-CC	74	266	0.160
51	37LP-CC	405	1.809	1.085
52	38LP-CC	320	1.408	0.845
53	4LP-LE	30	77	0.046
54	11LP-LE	10	30	0.018
55	29LP-LE	120	766	0.460

Fuente y simbología: Ver Cuadro 1

...continuación Cuadro 3

N°	Código Granja	Vientres de vientres	UPA real total	SST 0.6 Kg/UPA*día
		Cbz.	100 Kg	tón/día
56	41LP-EN		1.401	0.840
57	42LP-EN		464	0.278
58	43LP-EN		608	0.365
59	44LP-EN		136	0.082
60	12LP-EN		764	0.458
61	22LP-EN		423	0.254
62	40LP-EN		433	0.260
63	48LP-EN		1.532	0.919
64	49LP-EN		130	0.078
65	50LP-CC	687	1.796	1.077
66	51LP-EN		134	0.081
67	52LP-EN		550	0.330
68	39LP-EN		776	0.465
	Total	9,215	60.489	36.294
	Promedio	225	890	0.534
	Desv. Est.	172.7	590.2	0.354
	Varianza	29.8	348.2	0.125

Fuente y simbología: Ver Cuadro 1

CUADRO 4

1	TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN GRANJAS								
2	PROGRAMADO Y REAL								
3	Por tamaño de								
4	GRANJAS	PROGRAMADO				REAL			
5		G	M	P	Total	G	M	P	Total
6									
7	1	1			1				
8	2			1	1			1	1
9	3		1		1		1		1
10	4		1		1		1		1
11	5			1				1	1
12	6		1		1		1		1
13	7			1	1			1	1
14	8	1			1				
15	9	1			1	1			1
16	10		1		1		1		1
17	11		1		1				
18	12			1	1				
19	13			1	1			1	1
20	14		1		1				
21	15			1	1			1	1
22	16			1	1				
23	17			1	1				
24	18			1	1			1	1
25	19		1		1				
26	20			1	1				
27									
28	Muestra agua	3	7	10	20	1	4	6	11
29									
30	Total muestra	3	10	20	33	3	10	20	33
31									
32	% muestra agua/muestra	100.0	70.0	50.0	60.6	33.3	40.0	30.0	33.3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 5

1	TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN GRANJAS										
2	PROGRAMADO Y REAL										
3	Por sistema de										
4	GRANJAS	PROGRAMADO					REAL				
5		Tratamiento	una op.	2 op.	Sin	Total	Tratamiento	una op.	2 op.	Sin	Total
6		"completo"	unitaria	unitarias	trat.		"completo"	unitaria	unitarias	trat.	
7											
8	1	1				1					
9	2		1			1		1			1
10	3				1	1				1	1
11	4	1				1	1				1
12	5	1				1	1				1
13	6		1			1		1			1
14	7				1	1				1	1
15	8	1				1					
16	9	1				1	1				1
17	10	1				1	1				1
18	11			1		1					
19	12	1				1					
20	13			1		1			1		1
21	14			1		1					
22	15			1		1			1		1
23	16		1			1					
24	17	1		1		2					
25	18		1			1	1				1
26	19	1	1			2					
27	20										
28											
29	Muestra agua	9	5	5	2	21	5	2	2	2	11
30											
31	Total muestra	15	6	9	3	33	15	6	9	3	33
32	% muestra de agua/										
33	muestra total	60.0	83.3	55.6	66.7	63.6	33.3	33.3	22.2	66.7	33.3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 6

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA													
GRANJAS DE LA PIEDAD, MICH. Y SANTA ANA PACUECO GTO.													
Período: del 19 al 22 de septiembre de 1999													
Hoja	DÍA	PARAMETROS BÁSICOS						METALES PESADOS					COLIF.
de		Tomados <i>in situ</i>				Analizados en							FEC.
custodia		T	pH	DBO	SST	N	P	G y A	As	Cu	Pb	Zn	CF
1	20	23		9960	6190	1129	78	161	0.01535	1.68	NR	1.07	1100
2	20	20	8	1408	7750	1520	291	235	0.0171	1.24	NR	0.94	1100
	20	25	8										
	20	25	8										
	20	25	8										
3	20	23	5.5	1525	3840	861	49	152	0.0399	0.42	NR	0.48	
4	21			2758	7480	448	2226	212	0.023	0.73	NR	9.19	1100
5	20	26	8	3943	3410	952	123	983	0.0156	0.32	NR	0.63	1100
6	20	22		85802	20020	1260	77	120	0.0208	1.44	NR	2.62	1100
7	21	20		580	836	868	64	29	0.0235	0.2	NR	0.11	
8*													
10	20	32	5.5	1185	83	294	34	17	0.0255	0.21	NR	0.08	1100
11*													1100
12	21		8	5107	390	924	46	20	0.0373	0.17	NR	0.21	1100
13	21	23	8	3497	7260	1316	230	105	0.0396	0.75	NR	4.33	1100
	21	27	7										
15	22	20		406	322	1932	37	37	0.0249	0.2	0.02	0.10	3500
*Sin descarga													
NR: No reportado													

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 7

MODALIDAD DE LAS GRANJAS ENCUESTADAS

N° de Cuestionario	CC	ENG	SITIOS					NV Num.	PPP Num.	PV Kg	UPAS 100 Kg	SST ton/día
			2	3	1 y 2	2 y 3	1, 2 y 3					
Grandes (3)												
2	1						2,000	20,890	931,800	9,318	5.591	
3						1	2,300	23,500	1,764,500	17,645	10.587	
4	1						2,641	5,947	617,346	6,173	3.704	
Medianas (10)							7,686	56,086	3,133,369	31,334	18.800	
14	1						1,000	7,210	415,120	4,151	2.491	
4	1						1,000	6,643	399,309	3,993	2.396	
6					1			8500	312,500	3,125	1.875	
18	1						630	5272	322805	3,228	1.937	
16	1						620	5,948	310,577	3,106	1.863	
9	1						795	7,080	310,054	3,101	1.860	
10	1						1,199	4,541	301,404	3,014	1.808	
11	1						1,542	3,196	291,622	2,916	1.750	
8	1						550	4,827	269,180	2,692	1.615	
29	1						350	2,869	200,798	2,008	1.205	
Pequeñas (20)							3,050	39,559	1,732,849	17,325	10.395	
15			1					8,500	185,250	1,853	1.112	
17	1						340	3,222	166,694	1,667	1.000	
13	1						300	3059	162,790	1,628	0.977	
12	1						320	2,082	137,470	1,375	0.825	
34				1				1,800	135,000	1,350	0.810	
20	1						300	2,208	127,456	1,275	0.765	
21					1		500	1,850	105,650	1,057	0.634	
19	1						197	1,680	98,824	988	0.593	
37	1						450	754	98,628	986	0.592	
27		1						1,600	94,750	948	0.569	
38	1						138	1,309	72,102	721	0.433	
23	1						130	1,145	71,940	719	0.432	
32	1						125	1,007	69,010	690	0.414	
28						1		3,500	56,000	560	0.336	
39		1						950	48,725	487	0.292	
33		1						3,500	37,850	379	0.227	
36		1						600	26,550	262	0.157	
35		1						475	19,700	197	0.118	
31	1						50	318	18,460	185	0.111	
30	1						200	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	
TOTAL (33)	22	5	1	1	1	1	2	28,413	241,627	13,046,082	130,455	78.273

CUADRO 8
CONCENTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL ESPACIO DE ESTUDIO

	MUESTRA					UNIVERSO				
	total granjas	NV Num.	%	UPAS 100 Kg	%	total granjas	NV Num.	%	UPAS 100 Kg	%
Grupos	19	14.353	81.2	66.860	81.7	56	25.851	67.0	139.303	64.5
Grupo 1	4	5.382	30.4	12.482	15.3	17	5.652	14.7	29.360	13.6
Grupo 2	2	450	2.5	2.839	3.5	10	3.093	8.0	19.484	9.0
Grupo 3	2	900	5.1	4.700	5.7	5	3.272	8.5	14.960	6.9
Grupo 4	2	795	4.5	4.451	5.4	5	2.711	7.0	13.063	6.0
Grupo 5	1	2.300	13.0	17.645	21.6	2	1.901	4.9	11.473	5.3
Grupo 6	1	1.906	10.8	9.318	11.4	1	1.906	4.9	10.425	4.8
Grupo 7	2		0.0	3.685	4.5	3	1.360	3.5	8.925	4.1
Grupo 8	2	1.300	7.4	5.426	6.6	2	1.300	3.4	5.842	2.7
Grupo 9	2	1.000	5.7	4.941	6.0	2	1.269	3.3	6.521	3.0
Grupo 10	1	320	1.8	1.375	1.7	2	566	1.5	3.167	1.5
Grupo 11						4	1.142	3.0	5.637	2.6
Grupo 12						1	1.143	3.0	7.171	3.3
Grupo 13						2	536	1.4	3.275	1.5
Otros	14	3.324	18.8	14.935	18.3	52	12.711	33.0	76.776	35.5
TOTAL	33	17.677	100.0	81.795	100.0	108	38.562	100.0	216.079	100.0

Fuente: Asociaciones Locales de Porcicultores de La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco y encuesta

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUADRO 9

AGUA RESIDUAL GENERADA POR TAMAÑO DE GRANJA

Folio	Tamaño de granja	Agua Residual (m ³ /día)	Agua residual (L/PPP)
1	Grande	S/I	S/I
2	Grande	230.00	9.79
4	Grande	41.60	7.00
3	Mediana	42.00	5.83
5	Mediana	40.00	6.02
6	Mediana	66.50	7.82
7	Mediana	33.00	6.26
8	Mediana	28.00	3.03
9	Mediana	48.00	6.78
10	Mediana	S/I	S/I
11	Mediana	S/I	S/I
12	Mediana	S/I	S/I
13	Mediana	S/I	S/I
14	Pequeña	230.00	27.06
15	Pequeña	70.00	21.73
16	Pequeña	48.90	15.99
17	Pequeña	80.80	38.81
18	Pequeña	9.60	5.33
19	Pequeña	24.00	6.34
20	Pequeña	2.400	7.57
21	Pequeña	S/I	S/I
22	Pequeña	8.26	10.95
23	Pequeña	S/I	S/I
24	Pequeña	S/I	S/I
25	Pequeña	S/I	S/I
26	Pequeña	22.00	21.92
27	Pequeña	66.50	29.00
28	Pequeña	8.00	8.42
29	Pequeña	S/I	S/I
30	Pequeña	4.50	7.50
31	Pequeña	S/I	S/I
32	Pequeña	S/I	S/I
33	Pequeña	S/I	S/I

Fuente: Encuesta

CUADRO 10

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA																					
INVESTIGACIÓN Y PRODUCTORES																					
GRANJA	FECHA		HORA		T		pH		DBO		SST		N		P		G y A		CF		
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	
	sep-99																				
1	20	1)	9:25	s.i	22	19	8	7.18	1408	900	7750	3411	1520	757	291	4	235	40	1100	240	
2	20	1)	11:32	3)	23	14	5.5	8.73	1525	96	3840	123	861	20	49	s.i	152	12		607	
3	21	1)	10:00	11:30				7.55	2758	550	7480	590	448		2226		212	57	1100		
4	20	1)	10:34	10:30	22			7.51	85802	550	20020	520	1260		77		120	38	1100	2.2*10	
5 ⁴⁾	21	2)	10:55	11:00	20	23		7.8	580	77	836	290	868		64	83	29	9			
6	20	1)	13:40	8:30	32	12	5.5	7.96	1185	56	83	145	294	16	34		17	14	1100		
7	21	2)	s.i.	3)	s.i	s.i	s.i	s.i		4669		318		###		52		73	1100		
8	21	1)	12:40		s.i	35	8	7.5	5107	200	390	200	924	3	46		20	20	1100		
P: Resultados proporcionados por los porcicultores																					
I: Resultados obtenidos en la investigación																					
1) Entre el 7 de enero y el 31 de marzo de 1999																					
2) Julio 1998																					
3) Entre las 7:30 y las 11:30 hrs.																					
4) Se reportó sin descarga durante la investigación																					

CUADRO 11

OPERACIONES UNITARIAS POR TAMAÑO DE GRANJA

Operaciones unitarias	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Sin tratamiento	2 (6.1)	1 (3.0)		3 (9.1)
1 Operación unitaria	5 (15.2)	1 (3.0)		6 (18.2)
2 Operaciones unitarias	6 (18.2)	3 (9.1)		9 (27.3)
Tratamiento completo	7 (21.2)	5 (15.2)	3 (9.1)	15 (45.5)
Total	20 (60.6)	10 (30.3)	3 (9.1)	33 (100.0)

Fuente: Encuesta

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**CUADRO 12
DESCARGA FINAL**

	Casos	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Terreno agrícola		5	5
Alcantarillado	1	3.0	54.5
Cuerpo receptor	11	33.3	87.9
Laguna	4	12.1	100.0
Total	33	100.0	

Fuente: Encuesta

**CUADRO 13
SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DESCARGA FINAL**

	Terreno agrícola	Alcantarillado	Cuerpo receptor	Laguna	Total
Sin tratamiento			3 (9.1)		3 (9.1)
1 Operación unitaria	3 (9.1)		2 (6.1)	1 (3.0)	6 (18.2)
2 Operaciones unitarias	7 (21.2)	1 (3.0)	1 (3.0)		9 (27.3)
Tratamiento completo	7 (21.1)		5 (15.2)	3 (9.1)	15 (45.5)
Total	17 (51.5)	1 (3.0)	11 (33.3)	4 (12.1)	33 (100.0)

Fuente: Encuesta

CUADRO 14
VOLUMEN REAL DE LAGUNAS Y VOLUMEN
ESTIMADO POR EL PROGRAMA PIGMEX
(metros cúbicos)

No Cues- tionario	VOLUMEN DE LA LAGUNA	ESTIMACIÓN DEL PROGRAMA PIGMEX DEL:				% DIF.
		SEPARADOR	CARCAMO	DIRECTO	DIGESTOR	
3	65.395	66.458				-1.6
5	21.900	76.311				-71.3
14	34.760	28.895				20.3
4	7.140	28.895				-75.3
6*	50.000	43722				14.4
18	11.242	14.600				-23.0
16	8.440	14.000	14.634			-42.3
11	15.000			59.347		-74.7
29	3.600	8.111				-55.6
17	5.320			12.926		-58.8
13	4.098			11.406		-64.1
12	56.959	7.416				
34	4.912			6.274		-21.7
20	4.631		13.231			-65.0
37	19.088			21.194		-9.9
38	67				5.201	-98.7
32	3.600	5.201				-30.8
33	9.241			1.499		516.5

Fuente: Encuesta y Programa de Cómputo PigMex (Consejo Mexicano de Porcicultura)
DIF: diferencia porcentual entre el volumen de las lagunas construidas y el estimado por el Programa de Cómputo PigMex cuando la descarga sale de un separador, un cárcamo, un digestor o va directamente a la laguna.

CUADRO 15

INVERSIÓN TOTAL EN SISTEMAS Y EQUIPO DE TRATAMIENTO

Folio	GRANJA	ITST (\$)	UPA (kg)	ITST/UPA	IT (\$)	%ITST / IT
	GRANDES					
3	1	1,041,528	17,645	59.0	45,000,000	2.3
5	2	789,490	6,173	127.9	52,800,000	1.5
	<i>SUBTOTAL</i>	<i>1,831,018</i>	<i>23,818</i>	<i>76.9</i>		
	<i>PROM. GRANDES</i>	<i>915,509</i>	<i>11,909</i>			
	<i>DESV. EST.</i>	<i>178,218</i>	<i>8,112</i>		<i>5,515,433</i>	
	MEDIANAS					
14	3	492,760	4,151	118.7	10,000,000	4.9
4	4	83,000	3,993	20.8	1,700,000	4.9
6*	5	281,000	3,125	89.9	9,217,000	3.0
18	6	175,000	3,228	54.2	3,500,000	5.0
16	7	280,000	3,106	90.1	15,000,000	1.9
10	8	440,660	3,014	142.1	4,838,800	9.1
11	9	357,093	2,916	122.5	43,200,000	0.8
8	10	149,355	2,692	55.5	2,266,054	6.6
29	11	173,355	2,008	86.3		
	<i>SUBTOTAL</i>	<i>2,432,223</i>	<i>28,233</i>	<i>85.9</i>		
	<i>PROM. MED</i>	<i>270,247</i>	<i>3,147</i>			
	<i>DESV. EST.</i>	<i>138,943</i>	<i>643</i>		<i>13,698,961</i>	
	PEQUEÑAS					
15	12	12,000	1,853	6.5	15,000,000	0.1
17	13	350,000	1,667	210.0		
13	14	20,000	1,628	12.3		
12	15	236,000	1,375	171.6	2,000,000	11.8
34	16	300,000	1,350	222.2		
20	17	150,000	1,275	117.6	5,000,000	3.0
19	18	6,500	988	6.6	937,400	0.7
37	19	36,000	986	36.5	3,000,000	1.2
27	20	30,000	948	31.6	3,000,000	1.0
38	21	42,500	721	58.9	1,200,000	3.5
32	22	155,900	690	225.9		
28	23	15,000	560	26.8		
39	24	12,500	487	25.7	4,500,000	0.3
33	25	252,575	379	666.4		
36	26	10,000	266	37.6	300,000	3.3
31	27	1,600	185	8.6		
	<i>SUBTOTAL</i>	<i>1,630,575</i>	<i>15,358</i>	<i>106.2</i>		
	<i>PROM. PEQ.</i>	<i>101,911</i>	<i>960</i>			
	<i>DESV. EST.</i>	<i>120,470</i>	<i>523</i>		<i>4,458,616</i>	
	TOTAL	5,893,816	67,496	87.3	241,673,648	2.4
	PROM TOTAL	218,289	2,497		11,708,382	
	DESV. EST.	249,394	3,351		16,368,572	

ANEXO 1

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL PAGO DE UN DERECHO

1) Se determina la carga del parámetro que corresponda al volumen de agua residual generada en un trimestre.

2) Se consulta en la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua el índice de incumplimiento que relaciona la concentración del parámetro en el efluente de la granja con la concentración permitida en la norma.

3) Las concentraciones de contaminantes encontradas en el agua se suman a los LMP de los parámetros en el efluente.

4) Se consulta la cuota correspondiente al índice de incumplimiento; hay dos tipos de cuotas, una para los parámetros básicos y otra para metales pesados y cianuros.

5) Un factor para contaminantes básicos según el cuerpo receptor esté clasificado como A, B o C. En el caso de metales pesados y cianuros no se aplica este factor.

6) Se paga con base en el parámetro que rebasa más veces el LMP.

7) En el caso de los coliformes fecales hay dos cuotas (para cuerpos de agua tipo A o B) y se paga en función de la cantidad de agua residual descargada en el trimestre.

ANEXO 2

CALCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA POR MUESTREO ESTRATIFICADO POR ASIGNACIÓN						
DATOS						
		raiz c _i				
c ₁	115	10.724	A =	suma N _k s _k / raiz c _k =	4.507	N ₁ s ₁ / rc ₁ + N ₂ s ₂ / rc ₂ + N ₃ s ₃ / rc ₃
c ₂	115	10.724		N ₁ s ₁ / rc ₁	0.681	
c ₃	115	10.724		N ₂ s ₂ / rc ₂	1.582	
s ₁	1.043			N ₃ s ₃ / rc ₃	2.245	
s ₂	0.514					
s ₃	0.354		B =	suma N _i s _i * raiz c _i =	518.335	AB = 2336.27
N ₁	7			N ₁ s ₁ * rc ₁	78.295	
N ₂	33			N ₂ s ₂ * rc ₂	181.897	
N ₃	68			N ₃ s ₃ * rc ₃	258.143	
N	108					
s ₁ ²	1.088		C =	N ² D + suma N _i s _i ²	65.142	AB/C = 35.86
s ₂ ²	0.264196					
s ₃ ²	0.125316				n = 35.9	
D =	0.005				n ₁ = 5.4	
N ₁ s ₁ ²	7.614943	b = 10%μ =	0.137		n ₂ = 12.6	
N ₂ s ₂ ²	8.718468	D = b ² /4 =	0.005		n ₃ = 17.9	
N ₃ s ₃ ²	8.521488					
sum N _i s _i ²	24.8549					
N ²	8649					
μ	1.365					

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXO 3

Definiciones⁷⁰

Potencial de hidrógeno (pH): es una medida estándar de la neutralidad de los líquidos. Un pH de 7.0 indica aguas neutrales. Cuando el pH se vuelve ácido, por debajo de 6.0, o alcalino, por encima de 8.0, las reacciones químicas cambian significativamente. La acidez y la alcalinidad afectan la vida acuática y, por supuesto, la calidad química del agua. El pH es un factor crítico en sistemas bioquímicos.

Temperatura (T): la temperatura del agua es crítica porque afecta la vida biológica. Las reacciones microbiológicas se duplican por cada 10°C de incremento de la temperatura del agua. La tasa de disolución del oxígeno disminuye con las temperaturas altas. El oxígeno disuelto (OD) en el agua es más elevado en las aguas frías que en las calientes. Los peces y la vida acuática requieren elevadas cantidades de OD para sobrevivir y por ello están directamente afectados por los cambios de la temperatura. Para las excretas porcinas la temperatura no es un factor crítico porque nunca alcanzan temperaturas diferentes a la del agua circundante.

Sólidos totales (STT): son una medida del contenido de humedad y son los sólidos que quedan después de la evaporación del agua a 100°C. Los STT son un parámetro crítico en el diseño de sistemas de manejo, bombeo y en la categorización del agua residual. Por lo general no existen estándares para este parámetro. Los STT incluyen a los sólidos disueltos y a otros sólidos que pueden estar suspendidos, flotando o sedimentados.

Sólidos sedimentables (Ssed): Son sólidos más pesados que el agua que se sedimentan en el fondo en menos de media hora en condiciones de reposo. Los Ssed se convierten en el lodo en el fondo de los tanques de sedimentación y de

⁷⁰ Tomadas del Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México, Taiganides, *et al.* CMP, IIEc, 1996

las lagunas. Si el lodo proviene de excretas frescas se llama lodo primario ; cuando la materia orgánica de los lodos ha sido estabilizada, o sea, cuando el 50% de los sólidos volátiles ha sido eliminado mediante la acción bacteriana, el lodo estabilizado se llama digerido. Por lo regular, los estándares se fijan para aguas extremadamente diluidas, como los desagües municipales.

Sólidos suspendidos totales (SST) : son sólidos que permanecen en suspensión en aguas residuales porcinas diluidas. Puede ocurrir que los sólidos en suspensión se sedimenten en el fondo, pero eso lleva mucho tiempo. Los SST incluyen bacterias y muchos de los sólidos orgánicos. Los estándares para los SST son similares a los de la DBO.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): mide el potencial contaminante del agua residual considerando el oxígeno que necesitan las bacterias aeróbicas para estabilizar la materia orgánica biológicamente degradable de las excretas. La DBO se usa como un parámetro de diseño en los procesos de tratamiento aeróbico. La DBO es un criterio universal para medir la contaminación potencial del agua.

Demanda química de oxígeno (DQO): Mide la cantidad total de oxígeno necesario para oxidar tanto la materia degradable biológicamente, como el resto de la materia orgánica que puede ser oxidada químicamente : fibra, lignina, etc. La DQO se emplea como un parámetro de supervisión, pero también puede usarse con propósitos de diseño. Es difícil alcanzar los estándares para la DQO con tratamientos convencionales. En aguas residuales de granjas porcinas la DQO es tres veces mayor que la DBO y normalmente es igual a las concentraciones de sólidos totales en las excretas frescas de cerdo.

Nitrógeno total Kjeldahl (TKN) : las principales formas de nitrógeno son el nitrógeno orgánico (TON) y el amoníaco. El TON representa cerca del 25% del TKN ; esta parte del nitrógeno no está disponible directamente para las plantas sino a través de la acción de las bacterias en condiciones aeróbicas del suelo. Aunque no se han establecido estándares, el TON es un parámetro que se toma en cuenta cuando las excretas se usan como fertilizante y mejoradoras del suelo.

Fósforo total (TPP): a las excretas se les analiza, generalmente, por su contenido de fosfato PO_4 ó PO_5 y el resultado se expresa como contenido de fósforo total. El fósforo es un fertilizante importante para los cultivos, pero también para las plantas acuáticas, ocasionando el crecimiento excesivo de algas en aguas estacionarias. La remoción de fósforo con proceso químicos es cara e impráctica.

Coliformes fecales (CF): es la cuenta de las colonias de bacterias coliformes fecales. Los CF se reproducen en el tracto intestinal de los cerdos y son excretadas con las heces. Los CF mueren rápidamente cuando quedan expuestos al aire, ya que en términos estrictos son bacterias anaeróbicas. Los CF son, por lo general, una medida de la excreta fresca y también del grado de tratamiento dado a las excretas. Las unidades de medida son el número más probable (NMP) de colonias por 100 ml de muestra.

Capítulo 4 Sustentabilidad en porcicultura

4.1 El concepto de sustentabilidad

4.1.1 Antecedentes y connotaciones

4.1.2 La crítica al concepto

4.2. Sustentabilidad, organismos internacionales y ganadería

4.3 Ganaderías industriales y sustentabilidad

4.4 ¿Es posible la sustentabilidad en porcicultura?

Conclusiones del capítulo

Resumen

En la actualidad, el concepto de sustentabilidad constituye una referencia obligada en los estudios sobre uso de los recursos y efectos de la actividad productiva en el ambiente. Inexistente en la literatura anterior a la década de los ochenta, se convirtió en un tema de debate académico de gran importancia y se integró, con sus ambigüedades y contradicciones, a los objetivos de política en el discurso oficial en los ámbitos doméstico e internacional a partir de los noventa. En este capítulo se hace referencia a los orígenes del término, mencionando algunas de sus definiciones y connotaciones más aceptadas. Asimismo, se extrae lo más importante de la crítica sobre el concepto y al empleo que de él se hace. Las raíces del concepto y su manejo institucional llevan a la necesidad de abordar la participación de los organismos internacionales en la promoción de la sustentabilidad. Interesan, en particular, los planteamientos de estas instancias sobre la sustentabilidad en la ganadería en su conjunto y en las ganaderías industriales de las cuales forma parte la porcicultura, en lo que se conoce como Iniciativa sobre Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo. Por último, se reflexiona sobre la posibilidad de que en las condiciones actuales del mercado, la porcicultura mexicana pueda minimizar sus impactos ambientales y sobre las condiciones necesarias para que esto pudiera lograrse.

Capítulo 4 Sustentabilidad en ganadería

4.1 El concepto de sustentabilidad

4.1.1 Antecedentes y connotaciones

El deterioro del medio ambiente, concomitante a la acción del hombre sobre la naturaleza durante el proceso productivo, alcanza un punto crítico en la década de los sesenta. Esta crisis, que es el resultado de décadas de estrategias de desarrollismo y modernización desigual y excluyente genera, por una parte, un

movimiento encabezado mayormente por biólogos, ecólogos y físicos, que se conoce como movimiento ambientalista y, por otra, un debate en los ámbitos de la teoría y la política, sobre el papel de la naturaleza en el proceso de desarrollo económico.

Estas primeras manifestaciones de conciencia ambiental dan lugar a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano realizada en Estocolmo, Suecia, en 1972, en la cual se planteó, por primera vez en un foro internacional del más alto nivel -aunque sin la participación de los entonces países socialistas- las imbricaciones entre el desarrollo económico y el medio ambiente.

La prevención respecto de los temas ambientales surgió particularmente de parte de los países en desarrollo quienes centraron la atención en los problemas Norte-Sur y de los Decenios del Desarrollo, con exigencias en materia de comercio internacional, tecnología, financiamiento, cooperación técnica, llegando a planteamientos exagerados como los de un delegado del Brasil para el cual "la contaminación sería bienvenida porque significaba industrialización"⁷¹ (Urquidí, 1994).

A principios de los setenta, Ignacy Sachs, un pionero de la conexión desarrollo-medio ambiente, aportó una línea de pensamiento que promovía un nuevo estilo de desarrollo que tomaba en cuenta las limitaciones, condiciones y potencialidades de los ecosistemas y propugnaba por un manejo cuidadoso de los recursos.

Con el concepto de *ecodesarrollo*, Sachs proponía conciliar las nociones de desarrollo y la necesidad de ejercer al mismo tiempo una política ambiental; trabajando a un nivel de abstracción menor para encontrar los medios de armonizar los objetivos sociales y económicos del desarrollo con un manejo de recursos y del ambiente ecológicamente adecuado, el *ecodesarrollo* constituía una meta que evitaba caer en el economicismo o en el ecologismo.⁷²

⁷¹ En mayo de 1998, 25 años después el Ministro de Agricultura de Brasil planteó que Brasil no sería el jardín del mundo y que emplearía sus recursos para desarrollarse (Reunión de Expertos en Brasilia, Brasil)

⁷² V. Sánchez, Prólogo al libro "Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción"

El concepto de ecodesarrollo, elaborado mayormente para la economía rural, cuestionó el antagonismo de la relación desarrollo-medio ambiente colocándola en una perspectiva de análisis mucho más amplia que incluía los marcos conceptuales de la economía política, la teoría de sistemas, la aplicación de técnicas de beneficio-costos, los conceptos y tareas de la planificación a largo plazo y la necesidad de abordar esa relación bajo enfoques interdisciplinarios e interinstitucionales.

Como se mencionó en el capítulo 2 de este trabajo, dentro del movimiento ambientalista que surge casi en forma simultánea a la teoría del ecodesarrollo, se conforman dos posturas teóricas extremas: la economía ambiental y la economía ecológica.

Esta última, amalgama los originales planteamientos de Georgescu-Roegen sobre la aplicación de la segunda Ley de la Termodinámica o Ley de la Entropía al proceso económico, pero también utiliza el sustrato teórico de la economía ortodoxa, constituyéndose en el polo de crítica sistemática a la economía ambiental.

El concepto de sustentabilidad, de acuñación y empleo relativamente recientes, ha sido objeto de múltiples definiciones, así como tema de crítica y debate. Numerosos estudios han tenido como finalidad recabar y analizar sus variadas definiciones e interpretaciones, así como su contenido teórico y su aplicación concreta.

En 1984, la Asamblea General de Naciones Unidas instala la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo a petición de su Secretario General. La Comisión estuvo presidida por la primera ministra de Noruega, Sra. Harlem Brundtland y tuvo como objetivo trabajar en la vinculación de los temas sobre desarrollo económico y medio ambiente.

Tres años después, en 1987, la Comisión publica sus conclusiones en el documento llamado Nuestro Futuro Común, conocido también como el Informe

Bruntland (1987)⁷³, donde señala que el proceso de desarrollo y la vertiente ambiental se podían integrar en un concepto que los abarcara, el de *desarrollo sustentable*, aportando su más conocida definición: *"Es desarrollo sustentable aquel que se lleva a cabo sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades... No se puede asegurar la sostenibilidad física si las políticas de desarrollo no prestan atención a consideraciones tales como los cambios en el acceso a los recursos y en la distribución de los costos y beneficios... los objetivos del desarrollo económico se deben definir desde el punto de vista de la sostenibilidad en todos los países, ya sean desarrollados o en desarrollo, de economía de mercado o de planificación centralizada"*.

Con base en la segunda ley de la termodinámica, Georgescu-Roegen (Roegen-Georgescu, 1976) y Daly (Daly, G., 1980), proponen una definición de sustentabilidad de carácter muy general, como la sobrevivencia de la especie humana por un período de tiempo tan largo como sea posible y, siguiendo los postulados del modelo ortodoxo hegemónico, Barbier la define como "el manejo de los recursos naturales, humanos y financieros de tal manera que se incremente en el largo plazo el bienestar y la riqueza".

Las diferentes definiciones de sustentabilidad y/o desarrollo sostenible, además de contener dimensiones temporales y espaciales explícitas, incluyen aspectos éticos, demográficos, institucionales y políticos. Desde el punto de vista conceptual, la posibilidad de poder incorporar varias de estas dimensiones al análisis constituye un problema sumamente complejo; desde el punto de vista operativo, poner en práctica en los niveles sectorial, regional y local una definición de tipo general con múltiples dimensiones resulta también, de una dificultad extrema (Prieto, 1993)

Pero más allá de las dificultades que la definición del término entraña, de que no existe consenso acerca del mismo y de que incluso, se sostiene que no

⁷³ Informe de la Comisión Bruntland, 1987 Nuestro futuro común, Madrid. Alianza Editorial, p.67

hay razón para que se maneje una definición absoluta de sustentabilidad por lo disímil de las dimensiones que involucra, el término ha sido incorporado de manera oficial a la formulación de políticas y proyectos de desarrollo, tanto en el ámbito internacional como en el nacional

Durante la década de los ochenta, a raíz de la crisis de la deuda y los procesos inflacionarios en que se ven inmersos los países del tercer mundo, el discurso del ecodesarrollo -planteado cuando las teorías de la dependencia, el intercambio desigual y de la acumulación interna del capital orientaban la planificación del desarrollo- empieza a caer en desuso, siendo sustituido por el discurso del “desarrollo sostenible”, ligado a la implantación de las políticas de corte neoliberal. (Leff, 1998)

A partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, el discurso del desarrollo sostenible se legitima y se vuelve parte del discurso oficial. La Conferencia elabora y aprueba un programa global, la Agenda 21, para normar el proceso de desarrollo con base en los principios de la sostenibilidad.

La década de los noventa combina la oficialización de los conceptos de sustentabilidad en las políticas ambientales y de desarrollo, con un conjunto de severas críticas respecto de sus bases teóricas y conceptuales. A manera de ejemplo rescatamos dos de ellas planteadas por Enrique Leff, (1998) y Vincenzo Lauriola (1997)

4.1.2 La crítica al concepto

Para Leff, el discurso de la “sostenibilidad” pugna por un crecimiento sostenido, sin que exista una justificación rigurosa sobre la capacidad del sistema económico para internalizar las condiciones ecológicas y sociales (de equidad, justicia, democracia y sustentabilidad) de este proceso.

En su opinión, la ambivalencia del discurso de la sustentabilidad tiene su origen en el doble significado del término inglés *sustainability*, que por una parte se traduce como *sustainable*, y que implica la internalización de las condiciones

ecológicas de soporte del proceso económico y por otra, aduce a la durabilidad del proceso económico. "En este sentido, la sustentabilidad ecológica se constituye en una condición de la sostenibilidad del proceso económico".

"El *discurso de la sostenibilidad* ha llegado a afirmar el propósito y la posibilidad de lograr un *crecimiento económico sostenible* a través de los mecanismos del mercado, sin justificar su capacidad de internalizar las condiciones de sustentabilidad ecológica, ni de resolver la traducción de los diversos procesos que constituyen el ambiente (tiempos ecológicos de productividad y regeneración de la naturaleza, valores culturales y humanos, criterios cualitativos que definen la calidad de vida) en valores y mediaciones de mercado... Empero, más allá del mimetismo discursivo que ha generado el uso retórico del concepto, no ha definido un sentido teórico y praxeológico capaz de unificar las vías de transición hacia la sustentabilidad. "(Leff, 1998)

Las contradicciones que surgen del discurso sobre sustentabilidad y la contraposición de intereses en relación con la apropiación de la naturaleza se manifiesta en las dificultades para alcanzar acuerdos internacionales sobre los instrumentos jurídicos para guiar el tránsito hacia la sustentabilidad.⁷⁴

"La problemática ambiental surge en las últimas décadas del siglo, como el signo más elocuente de la crisis de la racionalidad económica que ha conducido el proceso de modernización. Ante la imposibilidad de asimilar las propuestas de cambio que surgen de una nueva racionalidad (ambiental) para refundar las bases éticas y productivas de un desarrollo alternativo, las políticas del desarrollo sostenible van desactivando, diluyendo y pervirtiendo el concepto de ambiente." (Leff, 1998)

En los años setenta, la crisis ambiental llevó a proclamar el freno al crecimiento antes de llegar al colapso ecológico (Meadows *et al*, 1972); en la actualidad, el discurso neoliberal afirma la desaparición de la contradicción entre

⁷⁴ Oposición de países del Norte a firmar una declaración sobre conservación y desarrollo sostenible de los bosques, resistencia e intereses sobre la conservación de la biodiversidad, oposición a reducir la emisión de CFC en la Reunión de Kyoto. (Leff, p.20)

ambiente y crecimiento porque a través de los mecanismos de mercado se pueden internalizar las condiciones ecológicas y los valores ambientales al proceso de crecimiento económico. Asignando derechos de propiedad y precios a los bienes y servicios de la naturaleza las leyes del mercado se encargan de ajustar los desequilibrios ecológicos y las diferencias sociales, para alcanzar un desarrollo sostenible con equidad y justicia.

Los procesos ecológicos se reconvierten en capital natural para ser asimilados al proceso de reproducción y expansión del orden económico... reestructurando las condiciones de la producción mediante una gestión económicamente racional del ambiente. (Leff, 1998)

Para este autor, frente a la crisis ambiental, la racionalidad económica se resiste al cambio, induciendo con el discurso de la sostenibilidad una estrategia de simulación y perversión del pensamiento ambiental.

“El discurso del desarrollo sostenible... simplifica la complejidad de los procesos naturales y destruye las identidades culturales... para assimilarlas a una estrategia de poder para la apropiación de la naturaleza como medio de producción y fuente de riqueza.” Citando a O’Connors, Leff afirma que el discurso de la sostenibilidad constituye el mecanismo extraeconómico por excelencia de la posmodernidad para la reintegración del hombre y de la naturaleza a la racionalidad del capital.

La crítica de Leff -ampliamente documentada desde la perspectiva económica, antropológica, ética e incluso psicoanalítica- al discurso de la sostenibilidad, se centra en su aspecto apologético de las posibilidades de los mecanismos de mercado para dejar en pie un sistema cuya racionalidad se basa en la destrucción sistemática del entorno y de la cultura, en la inequidad y en la concentración de la riqueza.

El discurso del desarrollo sostenible inscribe las políticas ambientales en los ajustes de la economía neoliberal para dar solución a los procesos de degradación ambiental y al uso racional de los recursos ambientales y al mismo tiempo, responde a la necesidad de legitimar a la economía de mercado.

Mediante una operación de concertación que pretende integrar a diferentes actores del desarrollo para buscar un “futuro común”, enmascara sus diferentes intereses y cancela la posibilidad de disentir frente al propósito de alcanzar un crecimiento sostenido, definido en términos neoclásicos, como la contribución igualitaria del valor que adquieren el capital natural y el humano en el mercado como factores de la producción.

Otra crítica del concepto de desarrollo sustentable, que coincide en esencia con la de Leff, proviene de Vincenzo Lauriola⁷⁵ de la Universidad de Bari, Italia quien centra su análisis en los planteamientos de la Escuela de Londres⁷⁶.

Para el autor, el discurso del desarrollo sustentable está marcado por el pensamiento único neoliberal y se ha vuelto cada vez más normativo; este discurso tiene una capacidad creciente para reconciliar elementos contradictorios aceptándolos como verdaderos.

El planteamiento de la Escuela de Londres sobre desarrollo sustentable –señala Lauriola– es uno de los ejemplos del pensamiento doble, ya que contiene una confusión deliberada entre un modelo positivo-descriptivo y una dimensión normativa al servicio de una política de desarrollo neoliberal que ahora incluye a la dimensión ambiental. Este enfoque de desarrollo sustentable y de la interfase economía-ambiente se ha integrado desde hace algún tiempo a la estrategia de los principales organismos internacionales que financian el “desarrollo”. (Lauriola, p. 72).

Un análisis crítico de su definición de desarrollo sustentable y del modelo de sostenibilidad que se persigue, va a revelar ambigüedades y contradicciones que llevan a interrogarnos sobre el significado político del criterio de sostenibilidad que introducen.

Para la Escuela de Londres, el desarrollo sustentable se trata de un vector

⁷⁵ V. Lauriola, “Le développement soutenable de l'école de Londres: une approche “orwellienne”. En *Economies et Sociétés*. Série Développement, croissance et progrès. N° 35, 4/1997, p. 71-89.

⁷⁶ En torno al *London Center for Environmental Economics* se aglutinan numerosos economistas entre los que destacan D. Pearce, E. Barbier, A. Markandya y Turner, algunos de ellos ligados a organismos internacionales como el Banco Mundial.

de objetivos deseables en los que se sobreentiende que existe una aspiración básica de crecimiento del nivel de vida, noción que tiene un significado más grande que el de crecimiento económico. Asumir el desarrollo sustentable significa tomar en cuenta los límites para la explotación de los recursos naturales y, de una manera más general, la capacidad de carga del ambiente de forma que pueda perdurar esa explotación.

El desarrollo sustentable se considera como el resultado de la integración de numerosas dimensiones: económica, ecológica, social, tecnológica, espacial y cultural. Requiere de un verdadero esfuerzo interdisciplinario para aprehender esas dimensiones en sus propias especificidades.

La aprehensión y la aplicación del concepto de desarrollo sustentable tienen tres consecuencias:

1. El reconocimiento de la importancia del ambiente en la medida en que contribuye cada vez más al crecimiento de las ganancias reales y en la medida en que la calidad del ambiente forma parte de la reivindicación de un objetivo de más largo plazo, que es la mejoría de la calidad de vida.

2. La extensión a las generaciones futuras, del horizonte temporal de los criterios de eficacia económica reconocidos comúnmente y

3. Una atención creciente a los problemas de inequidad inter e intra generacional.

Un tema fundamental en el concepto de sustentabilidad es la compensación a las generaciones futuras por la reducción de las dotaciones de recursos que provoca la acción de las generaciones presentes. Si el rol del ambiente tiene que afirmarse es por su importancia, a) directa e indirecta sobre la calidad de vida, b) sobre el crecimiento económico a través de la creación de actividades relacionadas con el tiempo libre, el turismo y la reducción de la contaminación y c) en una mejor medición del crecimiento económico mediante la consideración de los bienes no mercadeables dentro de la contabilidad nacional.

Para Pearce y sus colegas, la economía puede evaluar mejor el ambiente atribuyendo valores justos a los servicios ambientales; el problema central es que

muchos de esos servicios son gratuitos, lo que constituye la causa fundamental de su sobreexplotación.

La lógica es clara y se inscribe en el marco analítico "coasiano"⁷⁷ donde el mercado aporta los valores verdaderos, pudiéndose concluir que los problemas ambientales existen porque no hay suficiente mercado. Por ejemplo, el nivel de contaminación se explica esencialmente por la ausencia de un mercado de la contaminación que impide que éste ejerza su función creadora de equilibrio óptimo. (Lauriola, *op. cit.* p. 74)

De la misma forma, para solucionar los problemas ambientales es necesario delimitar los derechos de propiedad sobre el ambiente y crear un mercado donde esos derechos se puedan transferir libremente a través de actos de compra-venta.

Lauriola se pregunta, ¿De dónde viene esta certidumbre? ¿Cuáles son las pruebas de la eficiencia del mercado en el terreno de la explotación de los recursos naturales y del ambiente? ¿Cómo explicarse que sean las sociedades humanas más próximas a su medio natural, justamente aquellas que no conocen la propiedad privada o que la conocen sólo de manera limitada?

En la medida en que los problemas ambientales son con frecuencia el resultado de la incoherencia entre los usos privados de recursos y bienes colectivos, está por demostrarse que la mejor solución es la privatización de un bien colectivo y que ésta además, sea posible en la práctica.

Colin Clark -cita Lauriola- demuestra la posibilidad de riesgos de sobreexplotación y agotamiento de un recurso natural en el caso de la apropiación privada.

El problema de la sustentabilidad en lo que concierne a la preservación del patrimonio, se presta a dos versiones diferentes. En un caso se trata de transmitir a las generaciones futuras un stock de capital global al menos equivalente al heredado por la generación actual. En el segundo caso, la compensación no deberá concentrarse únicamente en el capital creado por el hombre, sino que se

deberá dar particular atención al capital natural.

La Escuela de Londres define una condición necesaria, pero no suficiente, para el desarrollo sustentable: la constancia de un stock de capital natural. Aunque los economistas neoclásicos, partidarios de una sustentabilidad débil, postulan una sustituibilidad ilimitada entre las dos formas de capital, los economistas de la Escuela de Londres consideran la dependencia de la economía *vis a vis* del medio ambiente, reconociendo la especificidad de éste en términos de la irreductibilidad del capital natural al capital artificial. Rechazan, por tanto, la hipótesis de la sustituibilidad ilimitada para adoptar una sustituibilidad limitada que tendería hacia la complementariedad de las dos formas de capital.

Lauriola menciona cuatro razones por las cuales el capital natural es esencial para el desarrollo sustentable: 1) el carácter multifuncional del capital natural que hace que no todas sus funciones puedan ser sustituidas por el capital artificial, 2) la especificidad del capital natural hace no siempre posible ni deseable su sustitución. No es posible calcular las tasas de sustitución entre los dos tipos de capital; existen niveles críticos de capital natural por debajo de los cuales se producen costos sociales inaceptables, 3) El capital natural contribuye a mantener la capacidad de resiliencia de la economía, función que no puede llenar el capital artificial por carecer de diversidad, y 4) Por sus características de incertidumbre e irreversibilidad.

En cuanto a la opción de preservar el capital natural actual y no el que debiera existir, tiene implicaciones distributivas discutibles en la medida en que legitima la utilización pasada del capital natural y la distribución de beneficios derivados de ella. Se trata en todo caso, de una opción de naturaleza política que revela los consensos construidos en torno de la cuestión ambiental en el ámbito nacional e internacional.

Respecto de la valorización económica del stock de capital natural, los economistas de la Escuela de Londres decidieron -a pesar de los severos

⁷⁷ R. H. Coase, "The problem of social cost" citado por Lauriola.

problemas metodológicos que se presentan- evaluarlo monetariamente, a través de los precios ficticios determinados sobre la base del concepto de valor económico total de Pearce.⁷⁸ Por una parte, la Escuela de Londres pretende reconocer la dependencia de la economía respecto del medio ambiente y por otra, permanece prisionera de una visión puramente económica sobre el ambiente y del formalismo neoclásico.

Consideramos que la crítica de Leff y Lauriola al concepto de sustentabilidad tiene fundamentos intelectuales sólidos. Lo que no es aceptable es inmovilizarse, atrincherarse en la crítica frente al reto que representa el uso y abuso de los recursos naturales en un contexto donde la hegemonía del pensamiento único y del capital continua siendo una premisa. La acción en este sentido, va estar acompañada de las ambivalencias inevitables que se derivan de la estructura de un mundo complejo.

4.2 Sustentabilidad, organismos internacionales y ganadería

El discurso de la sustentabilidad, como lo mencionan Leff y Lauriola, forma parte importante de las estrategias de los organismos internacionales que financian el desarrollo.

Durante la década de los setenta organismos como el Banco Mundial (BM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) canalizaron cuantiosos recursos al fomento de las actividades ganaderas en los países del tercer mundo, con el objetivo de cubrir la demanda de carnes rojas en los países industrializados.

(Feder, 1982)

Pero mientras los países en desarrollo expanden sus áreas ganaderas, principalmente en selvas y bosques húmedos, con cargo a su biodiversidad y contraen una deuda impagable que los sumirá en la peor de las crisis en la década de los ochenta, los países desarrollados empiezan a tomar medidas para contrarrestar los efectos ambientales generados por sus sistemas ganaderos

⁷⁸ El valor económico total incluye el valor de uso, el valor de opción (al que algunos autores agregan el de cuasi opción), el valor de existencia y el valor de legado. (Lauriola, p. 80)

industriales.

Los complejos problemas de contaminación resultantes del hacinamiento de un gran número de animales en unidades de producción individuales fueron tratados, en forma sistemática en diversos foros en los EUA durante los años sesenta⁷⁹. Una década después, en 1977, con el patrocinio de la Organización Mundial de Salud, se lleva a cabo en Checoslovaquia un seminario sobre manejo de residuos animales, en el cual participan, además de los EUA y Canadá, varios países europeos y prácticamente todos los países del bloque socialista.⁸⁰

La FAO integra a sus programas de apoyo, el de manejo de residuos ganaderos (*Animal Waste Management*) que en la década de los noventa se transforma en la red RAMIRAN⁸¹, cuyo objetivo principal es el reciclaje de residuos (agrícolas, municipales e industriales) en la agricultura. Esta red, por lo pronto, se limita al ámbito europeo.

En la actualidad, el impacto ambiental de los diferentes sistemas ganaderos se ha convertido en uno de los temas más importantes en la agenda internacional sobre agricultura sustentable y seguridad alimentaria y prueba de ello, es la activa participación de las distintas agencias internacionales en el patrocinio y coordinación de proyectos sobre el tema.

Los antecedentes de lo que ahora se conoce como la Iniciativa Global sobre Ganadería, Medio ambiente y Desarrollo⁸² coordinada por la FAO y patrocinada por diversos organismos internacionales, se encuentran en una serie de reuniones que se desprenden de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro en 1992.

En diciembre de 1992 se lleva a cabo una reunión de especialistas en ganadería en París, en la que se acuerda apoyar una amplio estudio sobre las interacciones ganadería y medio ambiente. El estudio, realizado por varias

⁷⁹ Ver *Animal Wastes*. Ed. E. Paul Taiganides,

⁸⁰ Seminar on Animal Wastes (SEMAW)

⁸¹ *Recycling Animal, Municipal and Industrial Wastes in Agriculture Network* patrocinada por la FAO y ESCORENA (*European Cooperative Research*)

⁸² Sus siglas en inglés, LEAD, *Livestock, Environment and Development*

instituciones académicas europeas y de los EUA, fue compilado por el Banco Mundial, la FAO y la USAID y sometido a discusión en la Conferencia Electrónica de 1997 realizada de marzo a julio de 1997⁸³.

Los trabajos y comentarios presentados en la Conferencia Electrónica constituyeron el marco de la Conferencia Internacional sobre Ganadería y Medio Ambiente efectuada en Holanda en 1997, en la cual se generaron lineamientos de política y acciones concretas para lograr una ganadería más sustentable.

Uno de los proyectos resultantes es el de Integración por zonas de agricultura y ganadería especializada⁸⁴ promovido por la FAO en China, Tailandia, Vietnam y México. El proyecto tiene como finalidad conectar, en el espacio de regiones específicas, los desechos de la ganadería con las necesidades de fertilizante de la agricultura y lograr el reciclaje de nutrientes en estas "zonas de integración". A su término, el proyecto estará en posibilidad de proporcionar a) un modelo de alimentación para cerdos que reduzca la emisión de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y metales pesados (cobre y zinc) en las excretas; b) un modelo de aplicación de excretas y agua residual a la agricultura según los requerimientos de los cultivos; c) recomendaciones de manejo y tratamiento de residuos en granja y d) un conjunto de recomendaciones sobre política agrícola y ambiental para la ganadería intensiva que incluyen aspectos legales, institucionales, económicos, de formación de recursos humanos, etc.

Cabe mencionar que incluso en China, uno de los países donde el proyecto tiene mayor avance, las propuestas de política ambiental se inspiran en las aportaciones de la economía ambiental: el principio del que contamina paga, regulaciones ambientales, definición de derechos de propiedad, etc. Paradójicamente, reconocen que una limitación para la puesta en práctica de los instrumentos económicos es el escaso desarrollo institucional del país y su no completa inserción en la economía de mercado.

Las premisas de la iniciativa sobre ganadería y medio ambiente parten de

⁸³ Una segunda Conferencia Electrónica sobre el tema se llevó a cabo de julio a septiembre de 2001 como paso previo al *Area Wide Integration Workshop* realizado en Bangkok, Tailandia en septiembre de ese año.

los siguientes hechos:

- 850 millones de personas sufren hambre o malnutrición. Para alcanzar los requerimientos mínimos nutricionales de una población creciente se deberá duplicar la producción de alimentos en los próximos 30 años,
- los recursos naturales – suelo, agua y biodiversidad- necesarios para alcanzar esta producción son finitos y susceptibles de degradarse,
- se ha identificado a la pobreza y a la degradación ambiental como las principales causas de la falta de seguridad alimentaria, y la pobreza a su vez, incide en el deterioro de los recursos naturales,
- la demanda de productos de origen animal proveniente de los países en desarrollo se duplicará en las siguientes dos décadas debido al crecimiento natural de la población, el crecimiento del ingreso, la alta elasticidad ingreso de los productos de origen animal y el proceso de urbanización,
- los distintos sistemas ganaderos tienen efectos tanto negativos como positivos en el medio ambiente; el balance entre éstos depende de las precauciones que se tomen en el manejo de animales y recursos,
- la ganadería juega un importante papel en los tres aspectos de la seguridad alimentaria. a) en la producción, aportando en forma directa productos de alto valor proteico; apoyando, en forma indirecta a la agricultura con fuerza de tracción animal y abono proveniente de los estiércoles; b) en la estabilidad de la oferta, y c) en el acceso a los alimentos, ya que son fuente de ingreso y medio de ahorro para los pequeños productores.

El enfoque de organismos internacionales como la FAO para la resolución de los problemas ambientales que originan las ganaderías industriales es ortodoxo y recurre a opciones de tecnología y de política. De inicio, establece una diferencia entre países desarrollados, donde la conciencia acerca del problema ha conducido a establecer políticas y medidas regulatorias para su solución y los países en desarrollo, donde existe una gran indiferencia por los crecientes riesgos

⁸⁴ *Area Wide Integration (AWI) Project*

ambientales, no hay regulaciones o la implementación y vigilancia de éstas es ineficiente.

Por supuesto que las premisas no cuestionan la inequitativa distribución del ingreso en los países en desarrollo; la demanda se incrementará en estos países, pero no en todos los estratos de ingreso. No cuestiona la capacidad del mercado para internalizar los costos ambientales ni la racionalidad de los sistemas industriales con su carga de maltrato a los animales, inseguridad en los alimentos por el uso excesivo de hormonas y otros promotores de crecimiento, el exagerado e innecesario consumo de carnes en países desarrollados y en los grupos de la población de altos ingresos de los países pobres, la injusta distribución de la riqueza que generan los sistemas industriales⁸⁵ y el traslado del costo ambiental a la sociedad.

En medio del desastre ambiental generalizado que ocasiona la ganadería industrial, los organismos internacionales proponen la integración de ganaderos y agricultores para el reciclaje de residuos, como la estrategia más viable para paliar sus impactos. Suena utópico, pero no sabemos que alguien más esté haciendo algo para resolver este problema.

4.3 Ganaderías industriales y sustentabilidad

En el ámbito internacional y con fines exclusivamente ambientales, los sistemas ganaderos se clasifican en tres grupos cuyas fronteras en ocasiones no están suficientemente definidas; estos sistemas son el sistema de pastoreo, mixto e industrial.

El sistema industrial se define a partir de dos parámetros: un inventario mayor a 10 unidades de producción animal por hectárea de tierra agrícola y una proporción de materia seca para la alimentación producida en granja menor al 10%. (Sere, C. y Steinfeld, H., 1997)

⁸⁵ Los ingresos del personal que trabaja en la industria avícola norteamericana fueron inferiores en 1990 que en los últimos años de los setenta y gran parte de los ochenta. Mientras el salario promedio en las plantas avícolas procesadoras en 1995 fue de \$5.27 dólares la hora (uno de los más bajos en los EUA), la fortuna de Donald Tyson ascendió, según Forbes, a 1.2 billones de dólares en 1997 (Cheeke, 1999)

Los sistemas industriales proporcionan más del 50% de la producción mundial de carne de cerdo y ave y el 10% de la carne de bovinos y ovinos. Dependen de los aprovisionamientos externos de alimento, energía y otros insumos y, la demanda para estos insumos, puede tener efectos ambientales en regiones diferentes a aquellas donde la producción tiene lugar.

La producción industrial de puerco, aves y ganado bovino en corrales de engorda constituye el segmento de crecimiento más rápido de la producción animal. En 1996 representó el 43% de la producción global total de carne, por encima del 37% en 1991-1993. En huevo, la producción industrial representa dos tercios de la oferta mundial (Steinfeld, 1998). Los países industrializados dominan la producción industrial de cerdo (52%) y la de ave (58%). Asia contribuye con el 31% de la producción mundial de cerdo.

La producción industrial de rumiantes en corrales de engorda se concentra en Europa del Este, Rusia y en los países de la OCDE; ejemplos típicos de corrales de engorda a gran escala se encuentran en los EUA y en los países anteriormente socialistas; corrales de engorda de ovejas a gran escala se encuentran en el cercano oriente, norte de África y los EUA.

Desde el punto de vista físico y económico la ganadería industrial es un sistema abierto que depende de la oferta externa de alimentos, energía y otros insumos. Los requerimientos de tecnología, capital e infraestructura se basan en economías de escala y, por ello, la eficiencia productiva es alta en términos de producto por unidad de alimento o de horas/hombre, pero no en términos de unidades de energía consumida.

El impacto ambiental de la ganadería en estos sistemas depende tanto de la especie animal de que se trate, como del proceso industrial que transforma sus productos. Se incluyen dentro de este sistema las siguientes producciones y procesos:

- Avicultura de carne y huevo
- Producción de cerdo
- Producción de carne en corrales de engorda

- Producción periurbana de leche a gran escala
- Sacrificio de animales
- Curtidurías
- Plantas procesadoras de leche

Las ganaderías industriales han dado respuesta a la creciente demanda de productos de origen animal de bajo precio de los centros urbanos de rápido crecimiento de los países en desarrollo.

Debido a su naturaleza abierta y a las muchas interfaces con la base de recursos naturales, la producción pecuaria "bioindustrial" significa, en muchos sentidos, el epítome de lo incorrecto en la producción animal. La escala industrial significa alta densidad de animales, grandes volúmenes de excretas, altos riesgos en salud animal y, con frecuencia, escasa atención al bienestar de los animales. Por lo general, el sistema tiene múltiples oportunidades de arrojar sus desechos sin tomar en cuenta el costo ambiental.

El mayor problema es la concentración de animales en áreas de alta densidad de población humana, donde casi no hay posibilidades de utilizar los residuos en terrenos agrícolas. Aquí, el reto es establecer políticas e identificar tecnologías que ayuden a conciliar la producción de desechos con la capacidad de asimilación de la tierra.

Los sistemas industriales actúan directamente sobre la tierra, el agua y la biodiversidad a través de la emisión de residuos animales, el uso de combustibles fósiles y la sustitución de recursos genéticos animales. En forma indirecta, afectan la base agrícola global a través de su demanda de suelo arable para la producción de los insumos agrícolas que requiere la alimentación. Las emisiones de amoníaco del almacenamiento y aplicación de excretas genera lluvia ácida y daños a los bosques. También, los sistemas industriales requieren el uso de animales uniformes de composición genética similar, lo que contribuye a la erosión de la diversidad animal.

Sin embargo, la producción industrial también tiene efectos benéficos en el ambiente. En primer lugar, el rápido desarrollo del sector "moderno" de cerdos y

aves ha ayudado a reducir los requerimientos de alimentación del sector global de carnes para satisfacer la demanda, lo que reduce presiones sobre los bosques y la degradación de tierras húmedas, tal como está sucediendo en América Latina y Asia, a través del ahorro de tierra y preservando la biodiversidad. Segundo, las tecnologías ahorradoras de alimento desarrolladas para este sistema, pueden ser efectivas a cualquier escala y, por tanto, transferidas a los sistemas mixtos. Lo mismo sucede para la prevención de contaminación por residuos y las tecnologías de tratamiento desarrolladas en función de las regulaciones que se aplican a los sistemas industriales. Así, los recursos ahorrados y las tecnologías de manejo de residuos generados para los sistemas industriales aportan beneficios al sector en su conjunto.

La expansión de los sistemas industriales y su concentración en ciertas áreas del planeta obedece no sólo al crecimiento de la población, del ingreso y al proceso de urbanización, sino a políticas de fomento y subsidio⁸⁶ y a la ausencia de regulaciones ambientales.

En opinión de algunos autores, en ningún país del mundo el sistema industrial asume el costo total ambiental. "Parece que la sociedad prefiere una oferta barata de productos de origen animal sobre las funciones del ecosistema afectado. En varios países del tercer mundo la autosuficiencia en la oferta de este tipo de producto parece ser el principal objetivo de política." (Steinfeld, 1998)

4.4 ¿Es posible la sustentabilidad en porcicultura?

En el apartado anterior mencionamos algunas de las principales fuentes de insustentabilidad de las ganaderías industriales en general. Veamos algunos de estos elementos para la porcicultura, en particular.

a) Alimentación

El empleo de los cereales y las pastas oleaginosas, en especial del binomio maíz-soya en la alimentación de los cerdos, fue una de las formas rentables de utilización de los excedentes generados en los EUA (particularmente en el

“cinturón del maíz”) durante la década de los setenta. A través de mecanismos crediticios este modelo fue exportado a países donde este tipo de producción no es competitivo y en los que el destino principal de los granos es la alimentación humana y no la animal.

El maíz y la soya no son cultivos que conserven los recursos; ambos son erosivos y requieren altos niveles de insumos químicos –fertilizantes y pesticidas– que tienen una alta demanda de energía, que son contaminantes⁸⁷, nocivos para la vida silvestre y en algunos casos también para la humana. (Robinson, 1993)

Sin embargo, los cerdos son omnívoros, tienen bajos requerimientos de energía en relación con la ingesta voluntaria y pueden asimilar un amplio espectro de alimentos. No necesitan forzosamente maíz, sorgo o soya. Pueden nutrirse según el sexo y la etapa reproductiva, con de alimentos de alto contenido de fibra, forrajes y subproductos.

En el terreno experimental y en ocasiones también a nivel comercial, se han empleado diversos productos y subproductos agrícolas (Chel, 1983, Cuarón, 1989) incluyendo las “lavazas”⁸⁸ en la alimentación porcina. Sin embargo, el sistema que domina el mercado a escala mundial está basado en granos y pastas oleaginosas.

En opinión de algunos especialistas, la eficiencia y bajo costo de este sistema se debe no a sus bondades intrínsecas, sino a la estructura de subsidio que abarca a la producción agrícola, los insumos derivados del petróleo, la medicina veterinaria y a la no internalización del costo ambiental a lo largo de la cadena (Bingham, 1997)

En la producción porcina con base en granos y oleaginosas, tanto los consumidores como los productores obtienen beneficios con cargo al ambiente. En este sentido, será muy difícil que los sistemas de alimentación,

⁸⁶ Por ejemplo, el largo subsidio al sorgo por parte de la CONASUPO en nuestro país.

⁸⁷ La escorrentía de la zona agrícola del Medio Oeste puede influir en la ecología de una zona tan lejana como el Mar Caribe, donde se atribuye la presencia de una enorme “zona muerta” por anoxia a la contaminación que acarrea el río Mississippi. (Cheeke, 1999)

⁸⁸ Desperdicios de comida cocinada y cruda, residuos de los mercados, etc.

corresponsables con la concentración de animales del daño ambiental, se modifiquen radicalmente en un futuro próximo.

Los cambios propuestos en los EUA⁸⁹ incluyen la producción de un grano de maíz que genere menores deyecciones de nitrógeno y potasio, el uso de promotores de digestibilidad como la fitasa y una relación nitrógeno-potasio que sea la que necesitan los cultivos.

b) Genética

La erosión genética de la diversidad de los animales domésticos ha colocado al 30% de las razas del mundo en riesgo de extinción. Se atribuye el proceso a los programas de política gubernamental que sólo promueven un estrecho rango de razas mejoradas (Drucker *et al*, 2001) Pero más allá de la responsabilidad oficial en el desarrollo del fenómeno, las exigencias del mercado global impulsan procesos de especialización y homogeneización de gustos que minan la diversidad genética.

Entre las variadas causas de la erosión genética se encuentran: el menosprecio por las razas locales, la selección enfocada hacia un solo producto, la modernización espuria, los desastres naturales y los cambios en el *habitat* entre otros (Udo, 2000) La más amenazante de ellas es la tendencia hacia la estandarización de la producción ganadera.

Hacia fines de los sesenta, con la adopción del modelo norteamericano de producción de cerdos en el noroeste del país, ha tenido lugar un proceso sistemático de sustitución de cerdos criollos por razas mejoradas. El censo documenta este cambio al pasar el inventario de cerdos "finos" de un 4% del total en 1970 a un 32% en 1991.

Desde el punto de vista genético, la sustentabilidad significaría la explotación de una mayor variedad de razas y la revaloración de las razas criollas; el proceso es exactamente el opuesto. Entre seis y siete razas importadas y sus cruza, responden por el 80% de la producción de carne de cerdo en el país.

⁸⁹ Unified National Strategy for Animal Feeding Operations (AFO's), March 9, 1999. USDA, EPA.

c) Regulaciones

La porcicultura se ha juzgado como una actividad no sustentable, incluso en países donde existe un conjunto de instrumentos económicos y regulaciones diseñados ex profeso para esa la actividad. Podemos afirmar que en México las condiciones institucionales para reorientar la actividad porcícola de una manera sustentable son reducidas.

A lo largo de este trabajo se comprobó la inviabilidad de la única regulación con la que tienen que cumplir las granjas porcinas y se señaló que no existe otro tipo de mecanismos como son los impuestos sobre daño ambiental, subsidios (pago por reducción de emisiones), subasta de licencias, sistemas de depósito-devolución, etc. (Belausteguigoitia, 1992), que se apliquen en nuestro país.

Los sólidos generados por la porcicultura ni siquiera están definidos en las leyes ambientales estatales; la mayoría de los municipios no tienen regulaciones ambientales y los que cuentan con ella dedican escasa atención a los residuos ganaderos.

La porcicultura se ha dejado a las fuerzas del mercado y sabemos que éstas no conducen a la internalización del costo ambiental. Se puede evadir la normatividad, que por lo pronto sólo es aplicable a las granjas grandes y porque no hay recursos para vigilar su cumplimiento. Pero aun cuando los porcicultores realicen algunas obras para tratar el agua residual, el daño ambiental continuará por dos razones, primera, porque salvo en casos excepcionales las obras están mal diseñadas y segunda, porque muchas de las prácticas de manejo de excretas y agua residual que afectan el ambiente no están reguladas.

d) Integración porcicultura-agricultura

Como hemos señalado anteriormente, no existe un programa institucional para el desarrollo de la porcicultura que incluya de forma integral los aspectos ambientales⁹⁰. Proyectos como el de la FAO sobre integración de áreas de

⁹⁰ Durante varios años ha funcionado un Comité Porcino en el programa de Integración de Cadenas Productivas de la SAGAR (ahora SAGARPA), donde se plantean los problemas de comercialización a lo largo cadena, incluyendo las prácticas desleales internacionales, pero no los problemas ambientales de la actividad.

agricultura y ganadería especializadas (AWI) cubren un vacío de propuestas en el terreno de las políticas y el manejo ambiental en la porcicultura.

El proyecto acepta el marco de la producción porcina convencional en cuanto a sistemas de alimentación y genética, pero sugiere cambios en el manejo de las excretas y el agua residual tomando como referencia, no el espacio limitado —pequeño o grande— de la granja en lo individual, sino una zona geográfica amplia que puede abarcar varios municipios.

El reciclaje de excretas y agua residual en la agricultura o en la alimentación de rumiantes, no se restringe al ámbito de la granja; ésta puede carecer de terreno para el reciclaje, pero puede “exportar” los residuos para que sean empleados por otros productores. Para lograr este fin de sustentabilidad elemental de la actividad porcina, deberá demostrarse como una condición previa, que el reciclaje en una zona amplia es económicamente viable y, requiere el establecimiento de convenios contractuales entre porcicultores y agricultores que en algunas partes ya existen de manera espontánea, pero que quizá no sean fáciles de negociar de manera externa.

Los proyectos que promueven organismos como la FAO suelen quedar como muestras atípicas que por lo general no son replicables o lo son a muy pequeña escala. Sólo si este tipo de proyecto se insertara en la estructura institucional de la dependencia encargada del medio ambiente y como parte de un programa integral para el sector porcícola, se podrá lograr un impacto positivo en el ambiente. Un programa con tales características no existe, pero hay que proponerlo.

e) Escala de producción y sustentabilidad

En la medida en que el modelo moderno de producción de cerdos se aplica en granjas de distinto tamaño, los factores antiambientales están presentes aún en granjas pequeñas. Escapan a este modelo los cerdos “ambulantes”, típicos de las costas y zonas rurales como los Altos de Chiapas, cuyo fenotipo está adaptado a la necesidad de alimentarse con lo que encuentran en su camino.

Esta modalidad de producción porcina no tiene efectos de importancia en el

ambiente porque los animales están suficientemente dispersos, pero sí ocasiona graves problemas de salud que se deben no tanto a la trashumancia del cerdo, sino a las condiciones de precariedad –escasez de agua, ausencia de potabilización, falta de drenaje, etc.- en que viven los habitantes de esas zonas⁹¹.

Los peligros potenciales para la salud humana y el ambiente también se encuentran en la porcicultura urbana, segmento sobre el cual prácticamente no existe información en nuestro país. Estos peligros van desde condiciones de higiene pobres debido a heces, moscas, parásitos y zoonosis, hasta la falta de seguridad en el producto (Schiere y Hoek, 2001).

Para la porcicultura urbana de muy pequeña escala, puede haber alternativas de manejo que minimicen su impacto, no así para las granjas porcinas urbanas; éstas tendrán forzosamente que relocalizarse o cerrarse.

En cuanto a los animales estabulados, desde el punto de vista ambiental, un número grande de unidades pequeñas tiene los mismos impactos que un número reducido de granjas grandes; sin embargo, los riesgos ambientales en las granjas grandes son mayores que en las pequeñas.

Las consecuencias de los errores y/o de los accidentes que puedan presentarse en las grandes unidades, son completamente diferentes a lo que pueda ocurrir en las pequeñas. El desbordamiento de una laguna de oxidación puede tener efectos fatales en la vida acuática⁹². Por otra parte, en la medida en que la concentración se incrementa y el autoempleo es reemplazado por el trabajo asalariado, el problema ambiental suele agravarse⁹³ (Robinson, 1993). Por lo tanto, el proceso de concentración inherente al sistema y exacerbado por la competencia global, es totalmente opuesto a la lógica de la conservación.

Mientras los costos ambientales no se incluyan en el costo de producción

⁹¹ En el caso de la cisticercosis, el cerdo es sólo un huésped contagiado por el ser humano y no al revés.

⁹² La contaminación de estuarios en la costa Este de los EUA con residuales porcinos y avícolas está ocasionando cambios biológicos y la emergencia de nuevas enfermedades en los peces, entre ellas una provocada por la *Pfiesteria Piscicida* (Cheeke, 1999)

⁹³ También se agravan problemas sociales de concentración de ingreso, empobrecimiento y declinación de la población rural, reducción del nivel de vida por disminución en los servicios comunitarios y, menor participación política (Robinson, 1993, Cheeke, 1999).

de los cerdos, las economías de escala favorecerán unidades cada vez mayores, a menos que la sociedad civil oponga una resistencia activa como ya lo ha hecho en algunas regiones del mundo desarrollado⁹⁴.

⁹⁴ La presión pública en Oklahoma impidió que la compañía Seabord estableciera una enorme granja porcina. La compañía resolvió el problema comprando 202,350 hectáreas en Argentina.

Conclusiones del Capítulo

1ª Los estudios sobre el uso de los recursos no pueden eludir la referencia al término sustentabilidad que a partir de la década de los noventa se ha incorporado en forma generalizada a las agendas nacionales e internacionales sobre políticas ambientales.

2ª Al concepto de sustentabilidad lo caracteriza una pesada carga de ambigüedades y contradicciones en varias dimensiones que lo convierten en una lista de buenos propósitos la mayoría inalcanzables, al dejar intocables principios y supuestos de las políticas orientadas a un crecimiento que no muestra ser sustentable.

3ª El desarrollo sustentable ha sido objeto de numerosas críticas; las de Leff y Lauriola se centran en las posibilidades que atribuye el discurso dominante a los mecanismos de mercado, en el terreno de la explotación de los recursos naturales y el ambiente, sin que exista una justificación rigurosa sobre la capacidad de éstos y del sistema económico en su conjunto, para internalizar las condiciones ecológicas y sociales del proceso de crecimiento.

4ª Como parte de las estrategias sustentables para el tercer mundo, los organismos internacionales han lanzado convocatorias y financiado proyectos para analizar los problemas de la relación ganadería medio ambiente y plantear propuestas de solución. Se puede cuestionar este tipo de iniciativa en la medida que soslayan las causas ulteriores del problema ambiental, pero son totalmente justificables frente a la ausencia absoluta de iniciativas nacionales que otorguen al problema ambiental de la ganadería, la importancia que tiene.

5ª Las ganaderías, tanto extensivas como intensivas en países como México, tienen un efecto negativo en el ambiente; depredan los recursos suelo y agua, deterioran el paisaje y minan la biodiversidad. Estos impactos no han sido suficientemente estudiados.

6ª Los factores que hacen de la porcicultura un negocio altamente competitivo, son los mismos que la convierten en una actividad ambientalmente insostenible. Sistemas de alimentación, genética, consumo de energía, uso del agua,

representan focos de peligro desde el punto de vista ambiental.

7ª Los mínimos de sustentabilidad en porcicultura tendrían que incluir la obligatoriedad de cumplir con un código de Buenas Prácticas de Manejo que habrá que elaborar porque no existe, la prohibición de descargar aguas residuales en cuerpos de agua y de arrojar residuos fuera de la granja. Esto haría innecesario sujetarse a una norma que como vimos en el capítulo anterior, es onerosa, inequitativa y regresiva. Regulaciones de este tenor tendrían que ser asumidas por todo tipo de granja independientemente de su tamaño, modalidad y localización específica. La puesta en práctica de medidas tan elementales se juzga sumamente compleja; no parecen existir ni las condiciones institucionales, ni la voluntad política, ni la conciencia del problema por parte de los diferentes actores que intervienen: productores, funcionarios, investigadores, empresas y sociedad civil.

CONCLUSIONES GENERALES

1ª El análisis de los problemas ambientales del sector agropecuario en general y de las ganaderías intensivas como la porcicultura en particular, ha merecido escasa atención tanto en los sectores académicos como en los encargados de tomar decisiones de política agrícola y ambiental. El enfoque multi e interdisciplinario que demanda el estudio de los efectos ambientales de la actividad productiva primaria, no encuentra con facilidad interlocutores en los espacios de la academia o de las instituciones del sector público, donde privan las visiones unidisciplinarias y sectoriales.

2ª Los impactos ambientales de la porcicultura en el ambiente han sido estudiados en los países desarrollados desde hace más de tres décadas. Nuestro país presenta un gran rezago al respecto, no hay un programa institucional que aborde el problema y no hay más de tres estudios sobre el tema. Como un hecho curioso, uno de ellos fue promovido por los propios porcicultores.

3ª En el ámbito mundial, la carne de cerdo sigue siendo el cárnico que más se produce y más se consume. En nuestro país, la porcicultura fue el sector ganadero más importante hasta mediados de los ochenta; sufrió una severa crisis en la segunda mitad de esa década y presenta una tendencia ascendente de principios de los noventa en adelante. El segmento más dinámico es el de las grandes empresas –algunas de ellas asociadas a los agronegocios estadounidenses– que concentran enormes volúmenes de animales en pocas unidades.

4ª La actividad económica se ha definido como intrínsecamente entrópica; no hay proceso productivo que no tenga un impacto negativo en el ambiente. Las actividades primarias son las menos agresivas por su capacidad para transformar la energía del sol y porque en teoría, podrían reciclar sus residuos en el propio sector. El desarrollo de la ganadería se ha llevado a cabo con cargo a la biodiversidad y calidad de los recursos. Su “costo ambiental” en caso de poder valorarse, es una asignatura pendiente de los economistas ambientales.

5ª Los efectos ambientales de la porcicultura son resultado de las características inherentes del cerdo y del modelo específico de crecimiento de la actividad. La

porcicultura impacta el aire, suelo y agua con emisiones de nitrógeno, potasio, metales pesados (cobre y zinc) y patógenos (coliformes fecales y otros) Genera malos olores y ruido y su mal manejo estropea el paisaje. Las grandes unidades que concentran animales confinados, los sistemas de alimentación con base en granos y oleaginosas –que a su vez erosionan el suelo con su demanda de agroquímicos–, la genética prácticamente uniforme en todo el planeta y el empleo de grandes cantidades de agua, hacen de la porcicultura moderna una actividad que atenta contra el bienestar de los animales, el ambiente, la biodiversidad y la calidad de vida de los que habitan en las granjas y de los vecinos cercanos. También provoca la concentración del ingreso y desalienta la generación de empleos por su reducida demanda de mano de obra.

6ª La porcicultura, presente a lo ancho y largo del país, se concentra donde el agua –recurso escaso, mal distribuido en el espacio y en el tiempo, desperdiciado y altamente contaminado– es más vulnerable. De allí que el estudio de sus efectos en los cuerpos de agua deba ocupar un lugar destacado en las agendas de la investigación científica y aplicada y el desarrollo tecnológico.

7ª Una de las cuencas más contaminadas del país es la del río Lerma; a su cauce y a sus afluentes se vierten las descargas puntuales de grandes poblaciones, industrias y granjas y las descargas difusas de la agricultura. Es en esta cuenca donde se encuentran algunas de las concentraciones de granjas porcícolas más importantes y representativas del país. Referirnos a La Piedad, Michoacán y a su vecina Santa Ana Pacueco en Guanajuato, es aludir a una de las zonas porcícolas por antonomasia.

8ª Las estrategias que el gobierno federal ha puesto en marcha para detener el deterioro de los cuerpos de agua tienen sus raíces teóricas en la economía ambiental. Esta disciplina parte del reconocimiento de que los mecanismos de mercado no son útiles para incorporar a los bienes y servicios ambientales en el sistema de precios. No existe un precio de equilibrio y por tanto es necesaria la intervención del gobierno para “internalizar” el costo que se impone a terceros. El planteamiento de un mejor mercado para las mercancías especiales que son los

recursos naturales incorpora todas las debilidades de los supuestos que sostiene que el mercado también va a resolver de manera eficiente el intercambio de cualquier otro bien y agrega las inherentes a las características de los bienes ambientales: la dificultad para valorar su especificidad, unicidad y riesgo intrínseco,

9ª Aún con estas limitaciones, la política ambiental global basa gran parte de su estrategia en el diseño de regulaciones ambientales o instrumentos de "comando y control". En el marco de un conjunto de debilidades –de desarrollo institucional, de mínima educación y capacitación ambiental, de escasez de recursos para el financiamiento y de limitado desarrollo de la investigación– México se suma a esta estrategia promoviendo normas técnicas en un principio y normas oficiales mexicanas (NOM's) a partir de 1992, en cuestiones que afectan la seguridad, el ambiente y la salud de las personas y los animales.

10ª Hasta 1995 se habían expedido 44 normas oficiales sobre descargas de agua residual para diferentes giros de la actividad económica. En enero de 1997 estas normas son abrogadas y sustituidas por una norma genérica (NOM-001-ECOL-1997) que además hace de cumplimiento voluntario las condiciones particulares de descarga establecidas para unidades específicas y que por lo general, exigían una calidad de agua mejor que la requerida por la NOM-001.

11ª El análisis costo-beneficio de la NOM-001 carece de un sustento sólido en el cálculo de sus beneficios y por lo tanto su aplicación es discutible. Tiene además el inconveniente de que los costos fueron calculados para las descargas municipales y de industrias (petrolera, química, celulosa y papel, azucarera, hierro y acero) que pueden alcanzar los límites máximos permisibles de la norma con una tratamiento secundario. Estos costos, para el caso de la porcicultura están subestimados porque en esta actividad se requiere de un tratamiento terciario.

12ª El análisis de la aplicación de la NOM-001 a la porcicultura muestra que esta norma es injusta porque grava más a los productores de un sector primario que produce alimentos, que a los industriales; es regresiva porque al interior de la porcicultura afecta más a los pequeños productores que tienen que invertir más en

términos relativos para no rebasar sus límites, que los porcicultores medianos y grandes; es laxa porque deja el cumplimiento de los “pequeños contaminadores” para el año 2010. Pero cuando éstos son muchos, como en el caso de nuestro espacio de estudio, la resolución del problema ambiental se está posponiendo a muy largo plazo.

13ª Los porcicultores han internalizado el costo ambiental porque la presión de la autoridad no se inicia con la NOM-001 sino mucho antes con la imposición de condiciones particulares de descarga, ya que la actividad nunca estuvo normada. Sin embargo, sus sistemas de tratamiento (cuando existen) y la infraestructura de las granjas (salvo contadas excepciones) no tienen el mejor diseño para un manejo adecuado de los residuos. Los análisis de agua mostraron que ni los tratamientos más completos –caso omiso de las lagunas de descarga cero– no logran remover los contaminantes por debajo de los límites máximos permitidos por la norma.

14ª La norma 001 está elaborada para industrias que tienen procesos productivos uniformes y descargas que no se ven afectadas por el entorno. La porcicultura es una actividad que está sujeta a las incertidumbres de la naturaleza, a enfermedades, tormentas, tolvaneras, etc. Basar el pago de un derecho por rebasar los LMP de la norma en el análisis de parámetros de contaminación del agua residual de una granja porcina es totalmente arbitrario. Ha sido demostrado por quienes han tenido los recursos para hacer este tipo de estudio (el ejemplo de la experiencia en Singapur es elocuente) que son necesarios numerosos análisis, numerosas tomas de agua para encontrar los niveles representativos de los parámetros en las descargas porcinas. Tomar una muestra en un momento determinado (suponiendo que se tome correctamente) y efectuar su análisis sólo puede conducir a resultados válidos para ese lugar y ese momento. No representan nada más. Sin embargo, el pago se basa en ese resultado y puede ser enorme o muy bajo; depende de una multitud de factores, pero siempre habrá pago, incluso cuando se descarga a suelo para riego agrícola porque el nivel de coliformes fecales solo se alcanza con desinfectantes o cloro. Esto arruina los

sistemas de tratamiento biológico y eleva los costos.

15ª Nadie en el espacio de estudio está cumpliendo con la norma; lo que está pasando es que se está llegando a un acuerdo no formal entre los usuarios y la autoridad en el que unos compran equipo y construyen lagunas y la otra considera que se está cumpliendo, situación que no beneficia a nadie.

16ª En el ámbito nacional, la acción del gobierno no va más allá de la norma y su dudosa vigilancia; al nivel internacional, organismos y agencias internacionales asumiendo un enfoque heterodoxo que combina los principios de la economía ambiental con las propuestas de la sustentabilidad, promueven proyectos en diferentes países entre ellos México, cuya finalidad es minimizar el impacto de las ganaderías en los recursos naturales. El reciclaje científico de residuos, los sistemas alternativos de alimentación para el ganado, los modelos de balance de nutrientes, los sistemas de información geográfica y las propuestas de política agrícola y ambiental forman parte de sus ofertas.

17ª El concepto de sustentabilidad y su apropiación por parte del discurso oficial doméstico e internacional, ha sido objeto de una severa crítica; pero entre esa crítica justificada y la pobreza de las acciones oficiales en la esfera de lo concreto, existen demasiadas mediaciones. En el marco de esta zona intermedia encontramos lagunas y contradicciones de la legislación ambiental, estructuras y jerarquías institucionales incongruentes con sus objetivos, falta de recursos humanos capacitados, escasa investigación, falta de coordinación entre los niveles federal, estatal y municipal, escasa comunicación entre sectores público, privado y académico, ausencia de mecanismos formales de comunicación y choque de intereses al interior del mismo sector público en sus diferentes niveles, etc.

18ª Analizar, desentrañar y hacer propuestas para aligerar el peso muerto de esta zona intermedia es también un objeto de estudio.

REFERENCIAS

- Alcántara, G. Etchevers, J. y Aguilar S.A. (1992) Los análisis físicos y químicos : su aplicación en agronomía. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Alcocer, J. y Escobar E. (1996) "Limnological regionalization of Mexico: Lakes and Reservoirs :Research and Management" . 2 :55-69
- Alvarez Constantino Jesús (1967) Monografía del Municipio de La Piedad. Estudio geográfico, Económico y social. De Renovación. La Piedad. Mich.
- Athié M. (1987) Cantidad y calidad del agua en México. Universo Veintiuno. México
- Baumol, W. Oates, W. (1988) The theory of environmental policy. Cambridge University Press. New York
- Belausteguigoitia, J. C. (1997) "Algunas consideraciones sobre el Tratado de Libre Comercio de América del Norte y el medio ambiente", *Economía Ambiental: lecciones de América Latina*, México. Instituto Nacional de Ecología.
- Belausteguigoitia, J.C. (1992) "Los instrumentos económicos aplicados al medio ambiente". Series Monográficas, N° 2, SEDESOL, INE.
- (1997) "United States-Mexico Relations : Environmental Issues", *Coming Together ?. Mexico-U.S Relations*. Bosworth, B. Collins, S y Lustig, N. Ed. Brookings Institution, Washington, D.C.
- Bohm, Peter (1997) The Economics of Environmental Protection. Edward Elga Pub. Great Britain.
- Budedo, G. (1997) "La política fiscal en México y los nuevos instrumentos de política ambiental". *Economía Ambiental: lecciones de América Latina*. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Boulding, K. (1966) "The Economics of the Coming Spaceship Earth". *Environmental Quality in a Growing Economy*, Henry Jarret (Ed) John Hopkins Press, Baltimore. (
- Campabadal, C.(1995) "Utilización de excretas porcinas en la alimentación del ganado". *Memorias Seminario sobre Manejo, Tratamiento y Reuso de Excretas Porcinas*. Asociación Americana de Soya. Navojoa, Son. México
- Chapela y Mendoza G. (1983) "La producción porcina en la región de La Piedad", *Revista de Geografía Agrícola*, N°3, jul., UACH.
- Chará, J. (1998) "El potencial de las excretas porcinas par uso múltiple y los sistemas de descontaminación productiva". *Memorias Seminario Internacional sobre Contaminación y Reciclaje en la Producción Porcina. AspectoS Legales, Técnicos y Económicos*". CIPAV-ACP Cali, Colombia. Agosto 20-22, p.49-67
- Cheeke, P.R. (1999) "Shrinking Membership in the American Society of Animal Science: Does the Discipline of Poultry Science Give Us Some Clues". *Journal of Animal Science*. 77:2031-2038

- Chel G. L. , Aguilar, M. y Castellanos A. (1983) Utilización digestiva de la alfalfa por el cerdo pelón mexicano. *Técnica Pecuaria en México*. Num. 44. Enero-junio. (pp.27-30)
- Chung Po (1996) Pig Waste Treatment. The Taiwan Experience. ROC: Animal Industry Department. Council of Agriculture. Taiwan
- Ciriacy-Wantrup (1957) Conservación de los recursos. 2ª Edición. Fondo de Cultura Económica, México
- Costanza, R. (1989) "What is Ecological Economics". *Journal of Ecological Economics*, Vol.1, N° 1, February. pp. 1-7
- Crooper L. M. (2000) Has Economic Research Answered the Needs of Environmental Policy?. *Journal of Environmental Economics and Management* 39, 328-350
- Cuarón (1989) El cobre como aditivo en dietas para cerdos altas en fibras o melazas. *Técnica Pecuaria en México*. Vol. 27, 117-127
- Daly, H. E. (1977) Steady.state Economics. W.H. Freeman and Company. San Francisco. EUA
- Daniel, W.(1997) Bioestadística. Limusa. México.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1976) Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Limusa. México.
- Diario Oficial de la Federación. (1997) Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México.
- Dixon, A. J, Scura F. L., Carpentier, R. A. , Sherman, P. B. (1994) Environmental Economics of Environmental. London. Earthscan Publications.
- Drucker, A. Coord. (1997) Normatividad ambiental, producción porcícola e incentivos económicos. Un análisis de los factores económicos, ambientales, sociales y legislativos asociados al manejo de los desechos porcícolas en el Estado de Yucatán, México. FMVZ. UADY. Inédito
- Drucker, A. , Gomez, V. y Anderson, S. (2001) "The economic valuation of farm animal genetic resources: a survey of available methods". *Journal of Ecological Economics*, 36, pp. 1-18
- Eco-Ingeniería, S.A. (1982) Proyecto de manejo del estiércol producido en la zona de La Piedad, Estados de Guanajuato y Michoacán. Secretaría de Salubridad y Asistencia. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Dir. Gral.de Saneamiento del Agua.
- Gangbazo, G. Pesant, A.R., Barnett, G.M., Charuest, J.P. and Cluis, D. (1995) "Water contamination by ammonium nitrogen following the spreading of hog manure and mineral fertilizers". *Journal of Environmental Quality*. 24 : 420-425
- Gangbanzo, G., Bernard, C. et D. Cote (1996) "Effets de l'épandage du lisier de porc sur les eaux de ruissellement et de drainage". *Agrosol* 9 (1) : 46-51

- Generalitat de Catalunya (1996) Manual de gestió dels purins y de la seva reutilizació agrícola. Departament de Medi Ambient, Junta de Residus y departament d'Agricultura, Ramaderia y Pesca. Barcelona
- Geoffrey Grubbs, G. (1993) The New Partnership-Government and Agriculture. *Meeting the Environmental Challenge*. Environmental Symposium, November 17-18, 1993, Radisson Hotel South, Minneapolis, Minnesota
- Georgescu-Roegen N. (1996) La ley de la entropía y el proceso económico. Fundación Argentaria. Madrid.
- Giner de los Ríos, F. (1997) "Los instrumentos económicos y la regulación ambiental en México". *Economía Ambiental: lecciones de América Latina*. México, Instituto Nacional de Ecología.
- Haan de C. (1998) "Balancing Livestock and the Environment ; The Study Framework". *Livestock and the Environment. International Conference*. Ed. Arend
- J. Nell. International Agricultural Centre, Wageningen, the Netherlands
- Hacker R.R. y Du, Z. (1993) "Livestock Pollution and Politics". *Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences*. Wageningen, The Netherlands. 8-11 June.
- Hansen, A., León, A., Bravo L. (1995) "Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales en sedimentos de la cuenca Lerma-Chapala". *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. X, Num. 3, pg. 55-69, septiembre-diciembre.
- Hernández, L. Comp. (2001) Historia ambiental de la Ganadería en México. Institut de recherche pour le developement. Instituto de Ecología, A.C. México
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1997) Alternativas de tratamiento de aguas residuales. IMTA. México
- Informe de la Comisión Bruntland (1987) Nuestro futuro común. Madrid. Alianza Editorial,
- Iñiguez, C.G., Cuarón, I.J.A. y Pérez, G.P. (1990) "Estudio de factibilidad técnico-económico para el aprovechamiento de estiércol de cerdo fermentados en la alimentación de borregos". Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de Cerdo. IPN y UAG, Guadalajara, Jal.
- Iñiguez G. C. y Garrido, G. I. (1984) Ensilaje del estiércol de cerdo para la alimentación animal. Memoria de la Reunión de Investigación Pecuaria en México. SARH. UNAM. México (p.39)
- Jevons, S. (1998) La teoría de la economía política. Ed. Pirámide, Madrid
- Leff, E. (1998) Saber ambiental. Siglo XXI. México
- Lincoln, R. A., Box Shall, G.A., Clark, P.F. (1982) A dictionary of ecology, evolution and systematics. Cambridge University Press. Great Britain

Luks, Fred (1998) "The rhetorics of ecological Economics". *Ecological Economics* 26, 139-149 pp.

Lustig, N. (1981) Distribución del ingreso y crecimiento en México. Un análisis de las ideas estructuralistas. El Colegio de México. México

Martínez Alier, J., Schlüpman K. (1993) La Ecología y la Economía. México, FCE.

Molina, J. R. (1997) "Utilización de la cerdaza en la alimentación animal. Una alternativa para disminuir la contaminación ambiental". *Memorias Segundo Seminario Manejo y Reciclaje de Residuales Porcinos*. Querétaro. Consejo Mexicano de Porcicultura. México

Midwest Plan Services (1985) Livestock Waste Facilities Handbook. MWPS-18. Iowa State University.

Montgomery, D. , Peck E (1982) Introduction to Linear Regression Analysis. John Wiley and Sons. USA.

Moser, M.(1995) "Digestión anaeróbica y la recuperación de gas" *Seminario Manejo 1995 de Aguas Residuales y Excretas Porcícolas en México*. Cocoyoc, Mor. México. Marzo 6-9. CMP.

Moser, M. (1997) "Tratamiento de residuales porcinos para uso en riego agrícola". *Segundo Seminario sobre Manejo y Reciclaje de Residuales Porcinos*. Galindo, Qro. México. Octubre 22-25. CMP-II Ec, UNAM (p.13-17)

Netherlands Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries (1999) The welfare of pigs regulations in the Netherlands

Norgaard B. R. (1989) "The case for Methodological Pluralism". *Journal of Ecological Economics*, Vol.1, N° 1, February. pp. 37-57

Obregón, J.F., Barajas, C. y Uriarte, L.J. (1994) "Tres niveles de reciclaje de heces de iniciación-desarrollo en la dieta para cerdos en finalización". Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Chihuahua, México

Ohio State University (1992) Manure and Wastewater Management Guide. Ohio State University.

Oswald, Ú. (1992) "Entorno social y calidad del agua en el estado de Morelos". *Comercio Exterior*, vol.42, num.11. México, noviembre. Pp. 1023-1031

Padilla, M., Le Bihan, G. (1997) "La dynamique internationale de la consommation

alimentaire". *Economies et Societes. Developpment Agro-alimentaire*. N° 9

Pearce, D. (1985) Economía Ambiental. México, FCE

Pérez, R. (1993) "Perspectivas de la porcicultura en México". *XV Simposium de Ganadería Tropical*. Veracruz. INIFAP. México

Pérez, R. (1987) Aspectos económicos de la porcicultura en México: 1960-1985. Instituto de Investigaciones Económicas. Asociación Americana de Soya. México.

Pérez, R. (1993) "La porcicultura de México en cifras". *Desarrollo Porcícola*, No.13, Consejo Mexicano de Porcicultura. México

Pérez, R. e Ibarra, R.F. (2000) "De política agrícola y otros asuntos del campo". *Estudios Agrarios*. N° 14. Procuraduría Agraria. México

- Prieto, Leonel (1993) "Los sistemas agrícolas, el desarrollo sustentable y su ecología". Seminario de Economía Agrícola del Tercer Mundo. IIEc, UNAM
- Reséndiz Arreola, Salvador (1988) Michoacán y sus Municipios (guía socio-económica). México
- Robinson, A. Y. (1993) "Searching for Common Approaches Between Agriculture and Environmental Concerns". *Meeting the Environmental Challenge*. Environmental Symposium. Nov. 17-18, 1993. Minneapolis, Min.
- Rojas, F., Serhan, G., Volantin, S. (1997) "Análisis costo-beneficio de la norma obligatoria para las descargas de aguas residuales a cuerpos nacionales". *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XII, Num.1, pp. 27-40
- Sachs Ignacy (1982) Ecodesarrollo. Desarrollo sin destrucción. El Colegio de México. México
- Salas, N. L., Chávez, R. y Castellanos R. (1984) Incorporación de harina de hojas de *Leucaena* auto-claveada en la dieta del cerdo en crecimiento y finalización. Memoria de la Reunión de Investigación Pecuaria en México. SARH. UNAM, México (p. 125)
- Salazar, G. (1993) "Valor nutritivo de las excretas fermentadas de cerdo". Reunión Nacional de la Investigación Pecuaria. Jalisco, México.
- Scheaffer, R., Mendenhall, W., Ott, L., (1987) Elementos de muestreo. México. Grupo Editorial Iberoamericano
- Schiere, Hans y van der Hoek, Rein (2001) Livestock keeping in urban areas. A review of traditional technologies. An FAO report based on field experiences and literature. La Ventana Agricultural Systems A & D
- Secretaría de Gobernación (s/f) Los Municipios de Michoacán. Colección: Enciclopedia de los Municipios de México.
- San Martín Raúl (2000) Alternativas químicas para el tratamiento de aguas residuales de granjas porcícolas. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México
- Scialabba, Nadia (1994) Los residuos del ganado y el medio ambiente. Documento preparadopara el Taller Internacional de Residuos Periurbanos del Ganado en China. CCEICR, Beijing, 19-22 sept. 1994. FAO, Roma.
- Steinfeld, Henning (1997) "Options to address livestock-environment interactions". *World Animal Review* 88, Nº 1. FAO. Roma (1998) "Livestock environment interactions in industrial production systems". *Livestock and the Environment. International Conference*. FAO. World Bank. IAC. Wageningen the Netherlands
- Sutton, L. Alan (1995) Using Swine Manure as a Fertilizer. *Memorias del Seminario sobre Manejo, tratamiento y reuso de excretas porcinas*. Asociación de Médicos Especialistas en Ciencias Porcícolas del Sur de Sonora, A.C. Navojoa, Son.
- Szekely, Miguel (1980) El sistema socioeconómico de la porcicultura en la región de Pénjamo, Gto.- La Piedad, Mich.". ENEP, Cuautitlán, UNAM (inédito)
- Taiganides, E. P. Ed.(1977) *Animal Wastes*. Applied Science Publishers LTD. London

- Taiganides, E. P (1992) Pig Waste Management and Recycling. The Singapore Experience. International Development Research. Ottawa.
- Taiganides, E. P., Pérez R., Girón E.(1996) Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.
- Toledo, A.(1997) "La valuación económica de la biodiversidad en México". *Economía Ambiental: lecciones de América Latina*. Instituto Nacional de Ecología. México
- Turner, K., Pearce, D., Bateman, (1994) Environmental Economics. London. Harvester Wheatsheaf
- Udo. H. (2000) "Biodiversity and animal genetic resources". International Course on Livestock and Environment Interactions. International agricultural Centre, Wageningen University
- Urquidí, V. (1994) "Economía y Medio Ambiente". *La Diplomacia Ambiental. México y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. SRE. México
- USDA Agricultural Waste Management Systems. Field Handbook
- Van Aspert, J.J. (1995) Tendencias en el manejo de excretas porcinas en Europa". *Seminario Manejo de Aguas Residuales y Excretas Pocicolas en México*. Cocoyoc, Mor. México. Marzo 6-9. CMP
- Van't Klooster, C. E., Voermans, J.A.M. (1993) "European Perspectives-How are they solving their problems?". *Meeting the Environmental Challenge*". Environmental Symposium. November 17-18. Minneapolis, Minnesota
- Varian, Hal R. (1992) Análisis microeconómico. Antonio Bosch. Barcelona.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996) Our Ecological Footprint. BC. New Society Publishers
- Walras, L. (1987) Elementos de economía. Alianza Editorial. Madrid
- Witt de J., Keulen van H., Meer van der, H. G., Nell, A. J. (1998) Animal manure: asset or liability". *World Animal Review*. 88. N° 1. FAO. Roma.

ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

AFO	<i>Animal Feeding Operation</i>
AWI	<i>Area Wide Integration</i>
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CAFO	<i>Concentrated Animal Feeding Operation</i>
CINVESTAV	Centro de Investigación y Estudios Avanzados
CMP	Consejo Mexicano de Porcicultura
CNA	Comisión Nacional del Agua
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CPD	Condiciones particulares de descarga
CR	Cuerpo receptor
EPA	<i>Environment Protection Agency</i>
SCORENA	<i>European Cooperative Research Network</i>
EUA	Estados Unidos de América
FAO	Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
IAC	<i>International Agricultural Centre</i>
IDRC	<i>International Development Research Center</i>
ILRI	<i>International Livestock Research Institute</i>
IIEc	Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM
IT _{ST}	Inversión total en sistemas de tratamiento
LEAD	<i>Livestock-Environment Initiative</i>
LMP	Límites máximos permisibles
MOD	Modalidad
NOM	Norma Oficial Mexicana
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PPP	Población porcina en pie

PROFEPA	Procuraduría de Protección al Ambiente
SAGAR	Ex – Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Alimentación y Pesca
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TG	Tamaño de granja
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
UE	Unión Europea
UGI	Unidad Ganadera Intensiva
UPA	Unidad de producción animal
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
USIAD	<i>Unites States International Agency for Development</i>