

P Y V

ROSARIO PÉREZ ESPEJO

Granjas porcinas y medio ambiente

Contaminación del agua en La Piedad, Michoacán

Granjas porcinas y medio ambiente

*Contaminación del agua
en La Piedad, Michoacán*

ROSARIO PÉREZ ESPEJO



SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES | SEMARNAT



GRANJAS PORCINAS Y MEDIO AMBIENTE
Contaminación del agua en La Piedad, Michoacán

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Rector

Lic. Enrique del Val Blanco

Secretario General

Dra. Mari Carmen Serra Puche

Coordinadora de Humanidades

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Dr. Jorge Basave Kunhardt

Director

Dra. Verónica Villarespe Reyes

Secretaria Académica

Lic. Ernesto Reyes Guzmán

Secretario Técnico

Lic. Ana I. Mariño Jaso

Jefa del Departamento de Ediciones

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Dr. Francisco J. Trigo Tavera

Director

Dra. Silvia E. Buntinx Dios

Secretaria General

MVZ Verónica Fernández Saavedra

Secretaria de Comunicación

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA-Semarnat

Dr. Adrián Fernández Bremauntz

Presidente

GRANJAS PORCINAS Y MEDIO AMBIENTE

Contaminación del agua en La Piedad, Michoacán

Rosario Pérez Espejo



Corrección de estilo y cuidado de la edición Marisol Simón, IIEc

Primera edición: enero de 2006

© 2006

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Investigaciones Económicas,

© 2006

Por características tipográficas y de edición
Plaza y Valdés, S.A. de C.V.

UNAM-IIEc-FMVZ

Instituto Nacional de Ecología-Semarnat

Derechos reservados conforme a la ley

ISBN: 970-722-518-1

Impreso y hecho en México



Printed and made in Mexico

Manuel María Contreras 73, col. San Rafael, 06470
México, D.F.

ÍNDICE

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	9
PRESENTACIÓN	11
INTRODUCCIÓN	13
ANTECEDENTES	17
1. LA GEOECONOMÍA DE LA PORCICULTURA, En el nivel mundial, 33; En México, 41; En La Piedad, Michoacán, 49; Conclusiones, 55; Apéndice estadístico, 57.	29
2. LAS RAÍCES TEÓRICAS DE LA POLÍTICA AMBIENTAL EN LA PORCICULTURA, La economía ambiental, 68; La política de protección ambiental, 80; Sumándose a la estrategia internacional, 83; Conclusiones, 95.	67
3. EL COSTO AMBIENTAL EN LA PORCICULTURA DE LA PIEDAD, “Internalizando” en la porcicultura, 98; Producción porcina y costos ambientales en La Piedad, 109; Reciclaje, 135; Conclusiones, 140; Apéndice metodológico, 143; Anexo 1. El método de la investigación, 143; Anexo 2. Procedimiento para el cálculo del pago de un derecho, 155; Anexo 3. Definiciones, 156; Anexo estadístico, 159.	97
4. SUSTENTABILIDAD EN LA PORCICULTURA, El concepto de sustentabilidad, 169; Sustentabilidad y ganadería, 177; Las ganaderías industriales, 181; ¿Es posible la sustentabilidad en la porcicultura?, 183; Conclusiones, 187.	169
CONCLUSIONES GENERALES	189
REFERENCIAS	193

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AE	Anexo estadístico.
AE	Apéndice estadístico.
AFO	Animal Feeding Operation.
AWI	Area Wide Integration.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo.
BM	Banco Mundial.
CAFO	Concentrated Animal Feeding Operation.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
Convestav	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	Environment Protection Agency.
Escorena	European Cooperative Research Network on Agriculture.
EUA	Estados Unidos de América.
FAO	Food and Agriculture Organization of The United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio).
IAC	International Agricultural Centre.

IDRC	International Development Research Center.
ILRI	International Livestock Research Institute.
IEC	Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
ITSI	Inversión total en sistemas de tratamiento.
Lead	Livestock-Environment Initiative.
LMP	Límites máximos permisibles.
MOD	Modalidad.
NOM	Norma Oficial Mexicana.
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
Pemex	Pretróleos Mexicanos.
Profepa	Procuraduría de Protección al Ambiente.
Sagar	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
Sagarpa	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Alimentación y Pesca.
Semarnap	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
SSA	Secretaría de Salud.
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	United States Department of Agriculture.
USIAD	United States International Agency for Development.

PRESENTACIÓN

En este libro se analiza la aplicación de una norma sobre descargas de aguas residuales¹ –estrategia fundamental del gobierno para proteger la calidad de los cuerpos de agua– en la producción porcina.

Se seleccionó la porcicultura por ser una actividad con una fuerte repercusión en el ambiente y La Piedad, Michoacán, porque difícilmente se puede encontrar una región más representativa de la forma como se producen los cerdos en la mayor parte del país.

Fue también de interés en este trabajo conocer los problemas de contaminación que generan las granjas porcícolas en los cuerpos de agua, las prácticas de manejo y tratamiento que han desarrollado los porcuicultores para reducir el efecto de sus granjas en el ambiente, la eficiencia de estas prácticas y particularmente su costo.

Se resaltaron las características que tiene el reciclaje de residuos en la región y se revisaron algunas propuestas para el mejoramiento ambiental en el espacio de estudio.

Por último, se consideró necesario reflexionar en torno al concepto de sustentabilidad y su significado en la ganadería y apuntar algunos elementos que coadyuven a convertir la porcicultura en una actividad que minimice el daño ambiental.

Se partió de la consideración teórica que reconoce la escasa eficiencia de las normas como instrumento para “internalizar” el costo ambiental. Demostrar que 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, internalicen su costo ambiental, esto requirió de una investigación específica.

¹ Norma Oficial Mexicana (NOM)-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales. Sólo norma 001 o NOM 001 en adelante.

Como toda regulación, la norma analizada y aún vigente, incluso cuando se ha podido modificar a partir del quinto año de su puesta en marcha, representa un costo que es más oneroso para la porcicultura que para otros sectores productivos, su vigilancia es costosa, su seguimiento es difícil, disuade el reciclaje en la agricultura porque también, en este caso, impone el pago de un derecho y su gradualidad pospone la protección del recurso agua.

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. Los países en desarrollo, en el difícil reto de acortar la brecha que los separa del mundo industrializado han tenido que recurrir, entre otras estrategias, a un uso depredador de sus recursos naturales y a una intensa explotación de su 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 ha ofrecido 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, la estrategia globalizadora es cada vez más cuestionable por sus malos resultados en el nivel mundial: exclusión, concentración, polarización, pobreza y deterioro ambiental.

Los problemas relacionados con el medio ambiente cubren una amplia gama, pero sus causas y efectos difieren entre países. Los niveles de consumo de energía a partir de hidrocarburos —en opinión de algunos especialistas la principal amenaza ambiental para el futuro— son todavía reducidos en los países en desarrollo en comparación con los países industrializados. En cambio, el deterioro generalizado en la calidad de vida por la degradación y agotamiento de los recursos naturales y la pérdida de biodiversidad, afecta mayormente al mundo en desarrollo. El cambio climático afecta a todos.

En países como México, las acciones dirigidas a minimizar los problemas ambientales reflejan, en principio, una gran contradicción: por una parte, la autoridad ambiental responde a presiones y compromisos internacionales así como a demandas internas que vienen de los grupos de la sociedad que padecen los efectos del deterioro ambiental.

Por la otra, está el hecho de que la variable ambiental, a pesar de que se ha avanzado en términos institucionales, legales y normativos, sigue sin estar entre las prioridades de la política macroeconómica y sólo de manera marginal se considera en la toma de las grandes decisiones.¹

A lo anterior hay que agregar que se carece del suficiente desarrollo institucional que permita enfrentar 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 ha delegado en estados y municipios responsabilidades difíciles de asumir dada la debilidad de sus instituciones y la tradicional escasez de recursos.

A la estrechez 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 y clima de nuestro país.

En el sector agropecuario los rezagos son mayores y los recursos que se le destinan mediante los tres programas que han conformado la política para el campo de los últimos años,² no han sido suficientes ni del punto de vista productivo, ni del ambiental (Pérez e Ibarra, 2000). El efecto 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.

En el sector pecuario, tanto las ganaderías pastoriles como las intensivas han sido severamente cuestionadas, desde el punto de vista de su sustentabilidad, en diferentes foros mundiales sobre ganadería, medio ambiente y desarrollo humano. Las primeras, por su efecto generalmente negativo en la biodiversidad y la fertilidad de los suelos y responsables en buena medida del proceso de deforestación y, las segundas, por ser productoras de diversos gases tóxicos y contaminadoras de suelo y cuerpos de agua.

Los efectos colaterales de la producción de carne, leche y huevo: erosión y empobrecimiento del suelo, pérdida de la biodiversidad, contaminación y eutroficación de cuerpos de agua y producción de gases, han sido estudiados desde el punto de vista de las ciencias exactas y naturales, pero pocas investigaciones analizan sus efectos económicos.

¹ A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales se le asignó 0.327% en el Presupuesto de Egresos de la Federación (Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2001-2006).

² Procampo. Alianza para el Campo y Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria.

La importancia del sector ganadero desde la perspectiva económica es de la mayor relevancia por la creciente demanda de alimentos y materias primas que debe satisfacer, por ocupar en forma directa la mitad del territorio nacional y en forma indirecta 25% de la superficie cultivada y por dar lugar a una importante cadena de producción y comercialización.

Una de las principales características 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 hay una “internalización” de los costos ambientales.

En este hecho influyen multitud de factores: problemas económicos específicos del sector herencia de los programas de ajuste de la década de los ochenta y del proceso de apertura comercial de los noventa; procesos de normatividad ambiental poco consistentes; reducido nivel de “conciencia ambiental” de los productores; deficiente preparación del personal profesional en estos temas y, también, el hecho de que las metodologías diseñadas para cuantificar y asignar precios y valores a productos y servicios ambientales son complicadas y tienen limitaciones. Si para todos quedara claro cuál es el valor del agua y cuál el de su contaminación, quizá fuera menos difícil convencer a los contaminadores de cuánto deberían pagar y cuál sería el efecto ambiental de ese pago. Pero no existe tal metodología, por eso se trabaja con estimaciones y aproximaciones y contra el lugar común de que el costo ambiental reduce la “competitividad”.

Dentro de las actividades que forman parte de la ganadería en México, la porcicultura tiene una importancia especial por las siguientes razones:

- 1) Es el tercer sistema productor de carne del país, aportando 24% a la producción total de cárnicos (Sagarpa, 2001).
- 2) Ocupa, de manera indirecta, grandes extensiones de tierra donde se cultivan los principales insumos para la alimentación de los cerdos.
- 3) Repercute negativamente en la balanza agropecuaria por las importaciones de insumos básicos para la producción: granos, oleaginosas, genética, aditivos, instalaciones, etcétera.
- 4) Genera una compleja cadena de producción y comercialización que incluye la producción de granos, oleaginosas y pie de cría, elaboración de alimentos balanceados, fabricación de maquinaria, equipo e instalaciones, producción de biológicos veterinarios, procesos de transformación (sacrificio y cortes) y de industrialización (producción de carnes frías, embutidos y otros).

- 5) Es el segundo rubro en importancia en la exportación pecuaria.
- 6) Es de las actividades pecuarias que mayor efecto tiene en el medio ambiente por el tipo de residuos que genera y las concentraciones de los mismos en zonas específicas.
- 7) Sector poco estudiado en sus connotaciones económico-ambientales.

Este libro consta de cuatro capítulos, en el primero se hace referencia a la geoeconomía de la porcicultura en los ámbitos mundial, nacional y regional. En el nivel mundial se muestran su importancia y tendencias, y los tópicos que en la actualidad reciben atención especial en este ámbito: trato justo a los animales, calidad, inocuidad y medio ambiente. En el nacional, se describe el modelo de desarrollo que ha adoptado la porcicultura, modelo que ha ignorado los efectos ambientales que genera, la calidad de los productos que de ella se obtienen y el bienestar de los animales. Por último, se desciende en las escala geográfica al espacio de estudio para mostrar la porcicultura de La Piedad, Michoacán, como un claro ejemplo de los problemas ambientales que esta ganadería presenta y de los sistemas de producción que también están vigentes en otras regiones.

En el capítulo dos se analizan las raíces teóricas de la política ambiental desde el punto de vista de la economía, se menciona el problema especial de las “externalidades” y las propuestas generadas para resolverlo; se alude a los planteamientos básicos de la economía ambiental y a los mecanismos y estrategias para “internalizar” el costo ambiental; se hace un alto en el enfoque regulatorio para ubicar en sus peculiaridades la norma sobre descarga de aguas residuales en nuestro país.

El capítulo tres se refiere al costo ambiental en la porcicultura de La Piedad; se presentan los resultados del estudio empírico realizado y, en un anexo, se describe el método de la investigación: fuentes de información empleadas, cálculo de la muestra, características del cuestionario y modelo estadístico. Además de un diagnóstico de la porcicultura de la región, se estima el costo ambiental con base en la norma y se concluye con una crítica razonada al esquema regulatorio vigente.

El cuatro contiene una reflexión sobre la sustentabilidad en la ganadería; se citan las definiciones y críticas más conocidas sobre el concepto de sustentabilidad, los planteamientos de los organismos internacionales sobre este concepto en la ganadería y se cuestiona la posibilidad de que en las condiciones actuales técnicas, institucionales y de mercado, la porcicultura pueda ser una actividad que minimice el daño ambiental. Por último, se aportan conclusiones y propuestas de tipo general.

ANTECEDENTES

Hay una amplia literatura sobre los efectos 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.¹

Unos meses antes, en mayo de 1997, y como parte de los trabajos preparatorios a la Conferencia Internacional, tuvo lugar una conferencia electrónica en la que hubo una amplia participación de especialistas y productores de todo el mundo.²

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 desde el punto de vista ambiental: sistemas ganaderos de pastoreo, mixtos y sistemas industriales (principalmente avicultura y porcicultura). Estos últimos recibieron menor atención que los dos primeros, porque se consideraron altamente tecnificados, subsidiados, que operan con elevadas tasas de ganancia y sin restricciones importantes de tecnología y capital para que solucionen los problemas ambientales que generan. Sin embargo, esto sólo sucede en la porcicultura de los países desarrollados y no en la de países en desarrollo como el nuestro.

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

¹ Organizada por el Banco Mundial (BM), la FAO y el International Agricultural Centre de la Universidad de Wageningen.

² 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 12 agencias más coordinadas por el BM.

citados de talleres, seminarios, congresos, reuniones, foros, etc., realizados desde principios de los setenta en diversas partes del planeta, donde se han hecho propuestas de tipo técnico sobre manejo, control y utilización de residuos ganaderos.³

En nuestro país los estudios acerca de los efectos ambientales de la ganadería, en general, y de la porcicultura en particular, son escasos y salvo tres seminarios sobre el tema,⁴ organizados por una agrupación privada de porcicultores, ni el gobierno, ni la academia le han prestado al problema la importancia que amerita.

En 1982, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) realizó un estudio en dos granjas de La Piedad, Michoacán, 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 y la producción de biogás en granjas porcícolas de pequeña escala en los estados de Tlaxcala, Morelos y 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 porcinas⁵ 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 Yucatán.⁶

Otros dos trabajos que tratan el problema con metodologías y objetivos completamente diferentes, fueron realizados, uno por el Consejo Mexicano de

³ Por ejemplo, "Animal Wastes", Memoria del Seminario sobre Residuos Ganaderos, Checoslovaquia, 1971. Ed. P. Taiganides, Londres; "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", Italia, 2000; AWI Workshop, Bangkok, Tailandia, del 17 al 20 de septiembre de 2001.

⁴ Seminarios sobre manejo y utilización de aguas residuales y excretas porcinas, realizados en Cocoyoc, Mor., marzo de 1995, en Galindo, Querétaro, octubre de 1997 y en Guadalajara, Jal., en septiembre de 2000, organizados por el Consejo Mexicano de Porcicultura.

⁵ Memoria de la 3ª Reunión Nacional del Conasa, Acapulco, Gro., México.

⁶ Proyecto que tampoco pudo terminarse. Entrevista con la doctora Eugenia Olguín, encargada del proyecto (septiembre de 1994).

Porcicultura, ahora Confederación Mexicana de Porcicultores (CMP) en colaboración con el Instituto de Investigaciones Económicas (IIEC) de la UNAM y la Comisión Nacional del Agua (CNA) y, el otro, 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.

El primer trabajo dio como resultado un *Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México* (Taiganides et al., 1997) y el Programa de Cómputo PigMex. El segundo, inédito, es el documento “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” (1997).

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.

El manual –que incluye los cálculos más importantes del programa de cómputo PigMex– se basa en el enfoque estadounidense de tratamiento (construcción de lagunas) y propone, tal como se hace en las granjas de Estados Unidos (EU) y Canadá, el reciclaje del agua residual tratada en riego agrícola.

El estudio sobre Yucatán analiza desde el punto de vista de la economía ambiental y, a partir de una encuesta en 14 granjas, 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, 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 éste, que en forma individual aborda el mismo tema en otra importante zona porcícola del país.

Además de éstos, se han publicado artículos específicos sobre el empleo de las excretas porcinas en la alimentación animal (Salazar, 1993; Iñiguez, 1984), sobre porcicultura y medio ambiente (Drucker, 1997; 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.



Cuenca del río Lerma-Chapala

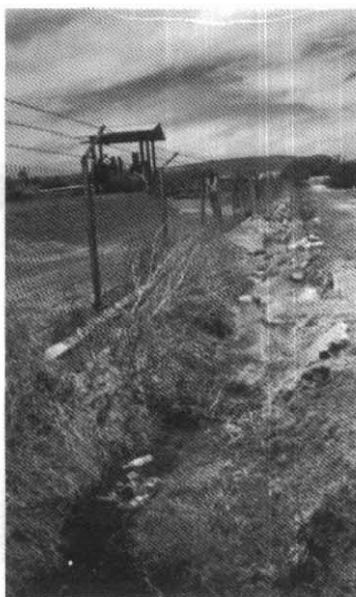




Lecho del río Lerma en La Piedad



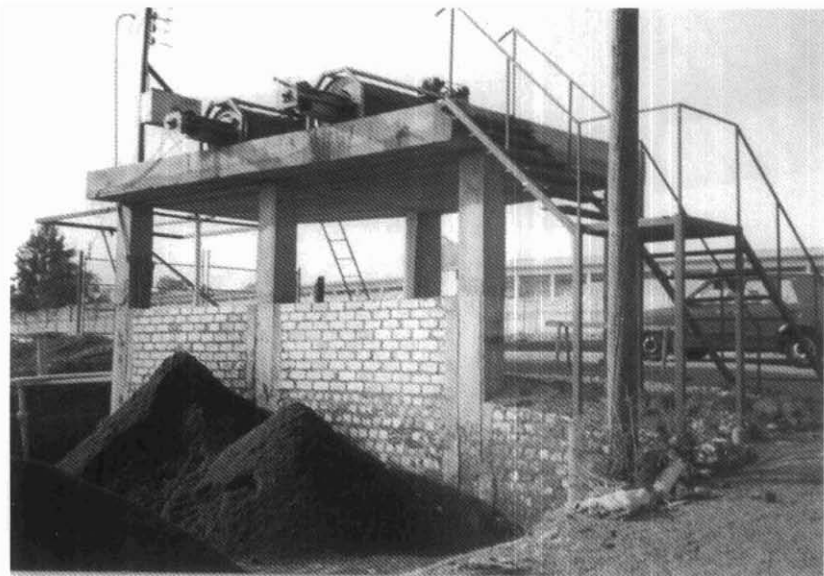
Lirio acuático en el río Lerma, norte



Arroyo en Santa Ana, Pacueco



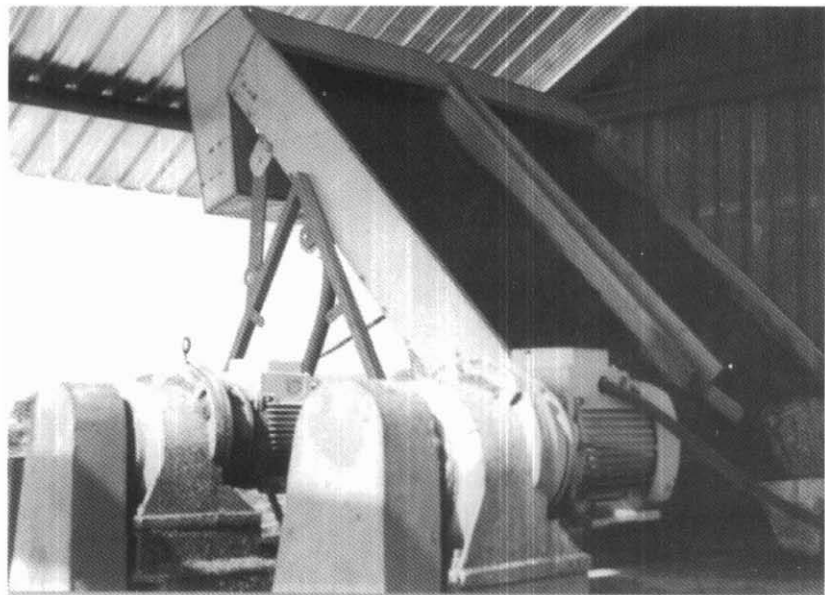
Lirio acuático



Separadores de tornillo



Separadores de cascada



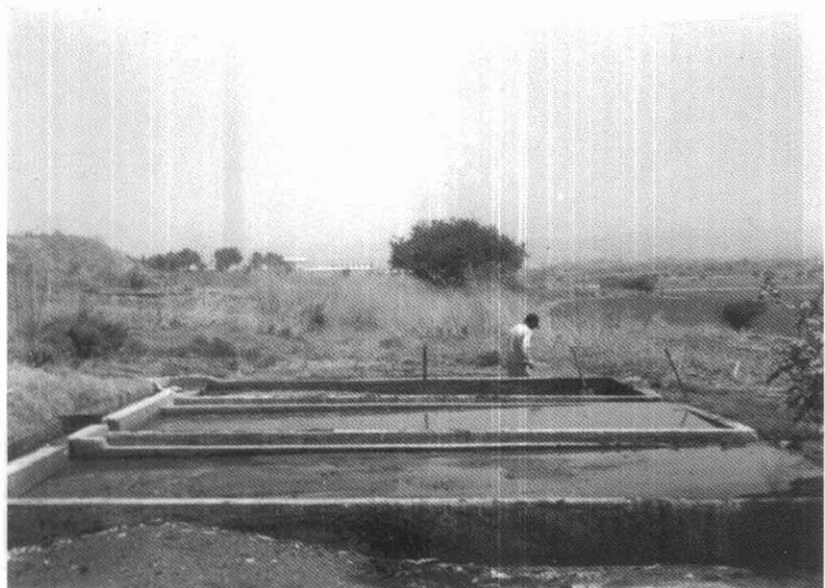
Separadores de cascada



Laguna de oxidación



Laguna de oxidación



Separación de sólidos en digestores



Separación de sólidos en digestores



Reciclaje de sólidos separados para alimento animal

1. LA GEOECONOMÍA DE LA PORCICULTURA

En el mundo se produce y se consume más carne de cerdo que de cualquier otra ganadería y presenta, con la carne de ave, las tasas de crecimiento más elevadas. 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 del ingreso per cápita. Por el lado de la oferta, la implantación de un modelo tecnológico altamente eficiente que se cuestiona por su efecto ambiental, el trato injusto a los animales y la seguridad del producto que genera. En México, el modelo de crecimiento de la porcicultura se ha caracterizado por su negligencia en relación con el efecto 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 esferas global y nacional se desciende a la local, donde se describe la actividad porcina en la zona conformada por el municipio de La Piedad en Michoacán y la colonia Santa Ana Pacueco en Guanajuato. Por sus características productivas y efectos ambientales que origina, la porcicultura de esta zona representa la del centro del país y buena parte de la producción porcina en otras regiones de la nación.

En los sistemas agroalimentarios contemporáneos está presente una clara tendencia hacia el dominio de lo que algunos especialistas llaman el modelo "occidental de alimentación". Éste 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 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 14%, más las leguminosas y los productos del mar, complementan el modelo (cuadro 1).

1. LA GEOECONOMÍA DE LA PORCICULTURA

En el mundo se produce y se consume más carne de cerdo que de cualquier otra ganadería y presenta, con la carne de ave, las tasas de crecimiento más elevadas. 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 del ingreso per cápita. Por el lado de la oferta, la implantación de un modelo tecnológico altamente eficiente que se cuestiona por su efecto ambiental, el trato injusto a los animales y la seguridad del producto que genera. En México, el modelo de crecimiento de la porcicultura se ha caracterizado por su negligencia en relación con el efecto 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 esferas global y nacional se desciende a la local, donde se describe la actividad porcina en la zona conformada por el municipio de La Piedad en Michoacán y la colonia Santa Ana Pacueco en Guanajuato. Por sus características productivas y efectos ambientales que origina, la porcicultura de esta zona representa la del centro del país y buena parte de la producción porcina en otras regiones de la nación.

En los sistemas agroalimentarios contemporáneos está presente una clara tendencia hacia el dominio de lo que algunos especialistas llaman el modelo “occidental de alimentación”. Éste 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 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 14%, más las leguminosas y los productos del mar, complementan el modelo (cuadro 1).

Cuadro 1
MODELO AGRONUTRICIONAL OCCIDENTAL
(media 1990-1992)

<i>Grupos de productos</i>	<i>Kcal/hab/día</i>	<i>% de la ración total</i>
Cereales, raíces y tubérculos	927	28
Azúcar y miel	476	14
Frutas y legumbres	210	6
Leguminosas	33	1
Carne, vísceras y huevos	586	18
Pescado y productos del mar	38	1
Leche y productos lácteos	335	10
Nueces, oleaginosas, aceite vegetal y grasa animal	721	22
Total	3 326	100

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

Más allá de la racionalidad económica o nutricional de este patrón alimentario y del hecho que sólo 15% de la población mundial está en posibilidad de ponerlo en práctica, hay evidencia de su imitación en el nivel mundial, en detrimento de las prácticas alimentarias tradicionales mixtas —en las que predominan cereales/raíces, más algunos productos de origen animal (casos de Mongolia y Uruguay) o de peces (Japón, Corea y Filipinas)— y 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 de 85% de la ingesta calórica (Padilla y Le Bihan, 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, 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 en el nivel mundial data de finales de los sesenta y principios de los setenta, periodo 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 (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 en el bienio 1989-1990, a 250 en 2002-2003, a una tasa media de crecimiento anual de 2.8% en poco más de una década. Éste fue mucho más rápido en los países en desarrollo, donde la tasa media fue 5.4%, en tanto que en los países desarrollados, la producción permaneció prácticamente sin cambio. A final de los ochenta la producción de los principales cárnicos era 30 millones de toneladas más elevada en los países desarrollados, en tanto que a principios del siglo XXI hay una diferencia similar a favor de los países en desarrollo (cuadro I, AE).

Los sectores pecuarios más dinámicos son la avicultura que crece a una tasa media de 5.2% en el periodo aludido (8.5 en los países en desarrollo) y la porcicultura cuya tasa es 2.5% (5.0% en los países en desarrollo). En la actualidad, 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, su consumo en los países en desarrollo –27.5 kilogramos por habitante al año kg/hb/año– es casi tres veces más bajo que el de países desarrollados que es de 77.5; para carne de cerdo los consumos son de 28.1 y 11.3 kg/hb/año, respectivamente (cuadro I, AE).

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 cápita de productos pecuarios continúa por debajo del que tenían los países de altos ingresos hace 20 años.

En cuanto al comercio internacional de productos pecuarios, los lácteos ocupan el primer lugar, seguido del intercambio de cárnicos. Este 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 EU 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 a Estados Unidos.

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 algunas enfermedades (fiebre aftosa y peste porcina africana, entre otras) y países que aún conviven con ellas, por el resurgimiento de enfermedades que ya habían sido erradicadas (fiebre porcina clásica en Holanda y España) y por la emergencia de nuevas zoonosis, como la encefalopatía espongiforme bovina (EEB), conocido como mal 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, 1987). 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, consideradas carnes “blancas” con menores riesgos para la salud (cuadros II y III, AE). 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.
- 3) La reducción en el consumo de carnes, salvo de aves, en los países desarrollados durante la década de los noventa (cuadro IV, AE).

Los pronósticos de la FAO para el periodo 2015/2030 (FAO, 2003) 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 cerdos, los que representarán el eje del dinamismo de la agricultura en el nivel mundial.

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

Por su peso absoluto y por la importancia de sus tendencias, más adelante 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.

EN EL NIVEL MUNDIAL

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—95.8 millones de toneladas en 2003— y más se consume en todo el mundo, representando, de manera estable en la última década, casi 40% de la producción mundial (cuadros IV y V, AE).

China sola posee casi la mitad de los cerdos que hay en el planeta, produce 47% del total mundial y con 15 países más se concentra 84% de la producción de carne de cerdo. México tiene una piara que lo ubica en el noveno lugar en el nivel mundial, pero por su bajo promedio de tecnificación ocupa el lugar 19 de producción (cuadros II y III, AE).

La producción porcina ha estado asociada históricamente a conglomerados humanos densamente poblados porque los cerdos requieren en forma directa poco espacio para su crecimiento. De ahí que Asia y Europa concentraran 80% del inventario porcino mundial y una cifra similar de producción de carne en 2003 (cuadro VI, AE).

El inventario porcino, la producción de carne de cerdo, su consumo, así como el comercio internacional de este producto, están altamente concentrados en el ámbito mundial. En 2002, participaron 10 países con 80% de los 7.7 millones de toneladas exportadas y 11 países, entre ellos México, con 80% de la importación (cuadros VII y VIII, AE).

Los cerdos, por ser omnívoros, pueden transformar los desechos alimenticios del hombre, pero también consumir productos que son fundamentales para el ser humano: maíz en el área de América Latina y sorgo en África.

En la medida en que algunos países lograron ser excedentarios en la producción de cereales y oleaginosas, por contar con condiciones agrológicas favorables y subsidios generosos, los sistemas de alimentación para cerdos y aves se han cimentado en el binomio grano-soya, modelo hegemónico en el nivel mundial, aun en áreas que carecen de esas ventajas.

Pero lo que en países desarrollados es un producto de consumo generalizado entre la población, en los países en 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” (granos, forrajes, algunas oleaginosas) cuando la mayor parte de la población no puede obtener los productos que de ahí salen?

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 animal¹ por el uso de los recursos, y que se evidencia con mayor claridad en la ganadería de bovinos.

La porcicultura moderna se caracteriza por un elevado control, sistematización y automatización de los procesos productivos fundamentales y por el empleo, en los últimos años, de la ingeniería genética al alimento, insumo crítico en la producción de cerdos por representar entre 65 y 75% del costo de producción. En los últimos años, el maíz y el sorgo han sido manipulados genéticamente para obtener las características nutricionales precisas que requieren los cerdos atendiendo su sexo y etapa de crecimiento.²

La genética se ha orientado a esquemas de cruzamiento que optimizan las aptitudes específicas de cada raza; como las reproductivas y de crecimiento: Large White, Landrace y Duroc, se destinan a la producción de hembras híbridas que se cruzan con razas de eficiencia alimentaria y calidad de canales como la Pietrain y Landrace Belga.³

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 proceso de pérdida de diversidad biológica conocido como “erosión genética” (Drucker *et al.*, 2001).

Los sistemas de reproducción tienen como finalidad la obtención de camadas numerosas, la reducción de estros y destetes precoces. Con medidas sanitarias se propone reducir la mortalidad en las primeras etapas y combatir y controlar enfermedades en condiciones de alta densidad animal.

Como resultado del avance tecnológico, las tasas extracción⁴ –parámetro que sintetiza el nivel medio de productividad– se elevaron a 170% en EU y poco menos en la Unión Europea y Canadá (FAO, 1998); la cantidad 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 1998 (World Pork Symposium, 1997).

¹ El planteamiento más conocido al respecto fue elaborado por el doctor Ernest Feder a fines de los años setenta (Feder, 1980).

² World Pork Symposium, Indiannapolis, In., junio de 1997.

³ Caracterizadas por ser no exudativas, bajas en grasa y libres de olores, esto es ausencia de androstenona y escatol. Curso internacional, 1997.

⁴ Relación porcentual entre inventario y sacrificio que condensa un conjunto de elementos productivos.

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

- Concentración de la actividad en cada vez menos y más grandes operaciones porcinas.
- Movilidad geográfica (entre regiones en un mismo país y entre países).
- Disminución del número de criadores de cerdos⁵ (OCDE, 2003).
- 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.
- Mayor eficiencia en el manejo que reduce el costo de alimentación a 65% del costo total.
- Prioridad a la seguridad (inocuidad) y calidad de la carne.
- Integración vertical en insumos, genética, producción, rastros e industria.

Los nuevos tópicos: bienestar animal, calidad, inocuidad 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 por el trato hacia éstos.

A partir de los noventa se han publicado numerosos artículos periodísticos y llevado a cabo frecuentes manifestaciones públicas con el objetivo de hacer conciencia en la población sobre la necesidad de brindar una mayor protección a los animales durante el periodo de cría y engorda, así como en el transporte y manejo antes del sacrificio.

En la porcicultura, las regulaciones en marcha y las nuevas por cumplir,⁶ consideran un mínimo de requisitos en el alojamiento (prohibición de pisos ranurados de concreto en el área de maternidad, abertura máxima de las ranuras donde éstas se permitan, 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

⁵ En EU el número de productores se ha reducido 70% en los últimos 10 años (Robinson, 1993).

⁶ Directiva 91/630/CEE y nueva regulación holandesa que da como plazo el 1 de enero de 2008.

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 de los noventa, la UE emitió diferentes normas que regulan algunos aspectos de la cría, transporte y sacrificio de animales para abasto, con la finalidad de evitarles sufrimientos. Asimismo, se ha impulsado la investigación sobre los parámetros bioquímicos que indican los niveles del estrés y sus causas, algunas de ellas de origen genético.⁷

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

Con el objeto de atender 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 clasificación de las canales porcinas nace del interés de los exportadores de carne en el nivel intercontinental y es Dinamarca, a principios del siglo XX, la pionera en esta actividad.

En mercados altamente evolucionados como los de Europa, EU y Canadá, los sistemas de clasificación de canales de cerdo son indispensables para establecer el precio de la carne, facilitar las operaciones de compra-venta, promover el mejoramiento genético y retribuir al porcicultor el esfuerzo realizado 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 hay una Norma Mexicana para la Clasificación de Canales Porcinas desde 1993, de cumplimiento voluntario de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal de Metrología y Normalización para las normas relativas a calidad. Esta norma no se utiliza en el comercio nacional porque un importante segmento del mercado fija el precio con base en el cerdo en pie y

⁷ Presencia del gen recesivo conocido como halotano, particularmente en razas mejoradas para la obtención de un mayor desarrollo muscular, como la Pietrain y Landrace Belga (Curso Internacional. 1997).

no en la canal; sin embargo, en algunas regiones se aplica para diferenciar el pago de acuerdo con la calidad de la canal.⁸

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 menor 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 es de 0.5 y 0.3%, respectivamente, considerándose elevada para los estándares europeos. En cambio, en Dinamarca, donde se ha trabajado sistemáticamente 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 seis a ocho 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 térmico (Curso Internacional, 1997).

En México, el transporte de animales está normado⁹ pero no hay información sobre la tasa de mortalidad durante el transporte. Habitualmente, el transportista asume los costos de los decesos y, debido a que 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”.

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

La preocupación por reducir los efectos nocivos que ocasionan los alimentos en la salud de la población y la creación de los marcos legales e institucionales que avalen las medidas tomadas en este sentido, tienen antecedentes

⁸ En Hermosillo, Sonora y en Mérida, Yucatán se paga a los porcicultores 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.

⁹ NOM-024-ZOO-1995 especificaciones y características zoonosológicas para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uno en animales o consumo por éstos.

remotos en países como Austria (1975), relativamente nuevos en EU (1997) y muy recientes en México.

El término inocuidad alude a un proceso de aseguramiento de la calidad en la producción y transformación de productos agropecuarios e incluye la puesta en marcha de un conjunto de principios como son las Buenas Prácticas de Producción (agrícolas y pecuarias), las Buenas Prácticas de Manejo, Estándares de Procesos de Sanitización y Control de Puntos Críticos.¹⁰

La inocuidad en los alimentos sostiene un enfoque integral de seguimiento y vigilancia (trazabilidad) de los alimentos que abarca “de la granja a la mesa” y tiene como base el análisis de riesgo.

El incremento en el comercio internacional de productos agropecuarios y el surgimiento de nuevos productos (organismos genéticamente modificados) han alertado a la comunidad internacional respecto de los riesgos reales y potenciales implícitos en los alimentos.¹¹

Un elemento fundamental en la inocuidad alimentaria es la aplicación del principio precautorio que plantea que se pueden llevar a cabo medidas preventivas para el manejo de riesgos cuando haya evidencia científica razonable sobre la existencia de un riesgo para la salud, aun cuando no se haya comprobado totalmente la existencia de una relación causa-efecto.

En México, las primeras actividades orientadas a crear una estructura de respuesta al problema sobre inocuidad se inician en 1998; un año después se crea el Programa Integral de Desarrollo Tecnológico para la Calidad Alimentaria y en julio de 2001, se formalizó el Programa de Inocuidad de Alimentos dentro del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Actualmente existen programas de inocuidad de alimentos de origen animal, agrícola y acuícola; sin embargo, por sus características intrínsecas, el acento está puesto en los productos de origen animal.

Los programas de carácter incipiente se desenvuelven en el marco de diversas limitaciones, entre ellas: a) la carencia de un marco jurídico formal (leyes, reglamentos y normas sobre inocuidad) que permita ir más allá de una estrategia de cumplimiento voluntario, b) no hay una delimitación clara de

¹⁰Traducciones del inglés: Good Management Practices (GMP), Standard Operating Procedures for Sanitation (SOP) y Hazard Control Critical Points (HACCP).

¹¹Un ejemplo de este tipo de problemas fue la presencia de dioxina en la carne de cerdo producida en Hong Kong, originada en una importación de alimento balanceado proveniente de Bélgica en 1997.

atribuciones entre las secretarías de Agricultura y de Salud y c) una asignación presupuestaria mínima a las actividades de inocuidad.

Si bien nuestro país ha dado los primeros pasos sobre el tema de inocuidad, queda un largo camino por recorrer. En lo concerniente a la inocuidad de alimentos provenientes de la porcicultura no se ha hecho absolutamente nada.

En los últimos años, los aspectos ambientales se han incorporado como un elemento más en la producción y productividad porcina en Europa, EU 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 asesoría (IX RAMIRAN Workshop, 2000; OCDE, 2003, International Course, Wageningen, 2000).

Se lleva a cabo una 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 guías para el poricultor;¹² se elaboran normas y regulaciones que hagan compatible la preservación del medio ambiente con una actividad agrícola y pecuaria altamente competitiva y se cuenta con centros de asesoría para aspectos legales relacionados con éste.¹³

Los poricultores europeos, canadienses y estadounidenses cuentan con una abundante literatura sobre el tema ambiental, producto de la colaboración conjunta de las organizaciones gremiales con las agencias gubernamentales de medio ambiente y con los sectores académicos.¹⁴

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

- Contaminación del agua superficial y del subsuelo por el nitrógeno y fósforo contenido en las excretas.
- Deterioro de la calidad del aire por la generación de gases tóxicos, principalmente dióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NH₃), ácido

¹²Environmental Guide for Pork Producers, National Pork Producers Council (NPPC) enviada a 150 000 poricultores e inversión de un cuarto de millón de dólares entre 1991 a 1993 en capacitación (Tank, 1998).

¹³Centro Legal para la Agricultura de la Universidad de Drake, en Des Moines, Iowa (Tank, 1998).

¹⁴En las páginas *Web* de estos países, se puede encontrar información sobre regulaciones, tratamientos y costos ambientales en porcicultura.

sulfhídrico (H_2S) y metano (CH_4), que afectan a los trabajadores de la granja, a las poblaciones vecinas y a los propios cerdos (Robinson, 1993).

- Contaminación de suelo y agua por metales pesados, mayormente cobre y zinc, que el cerdo sólo absorbe en un 5 y 15%, respectivamente, excretando el resto (Scialabba, 1994).
- Contaminación microbiológica del suelo en la aplicación de excretas a terrenos agrícolas.
- Pérdida de biodiversidad por erosión genética (Drucker *et al.*, 2001; Udo, 2000).

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

- 1) Alimentación: reducir excreciones de nutrientes, metano y polvo suministrando dietas mixtas, diferenciar dietas por peso y sexo, agregando enzimas que incrementan la digestibilidad de los hidratos de carbono, proteínas y fósforo, y reducir el número de animales mediante una mejor eficiencia productiva.
- 2) Instalaciones: mejorar el tipo de suelo y las formas de limpieza en la granja, instalando sistemas de ventilación (filtros y depuradores biológicos que absorben olores) hacer eficientes bebederos y comederos.
- 3) Almacenamiento y tratamiento de excretas: tratamientos a largo o mediano plazos, aerobios o anaerobios, dentro o fuera de las naves: empleo de electrólisis.
- 4) Reciclaje: uso científico en la agricultura vigilando las tasas de aplicación en función del suelo, cultivo y características de los residuos: emplear técnicas y maquinaria adecuadas (inyección o aplicación rápida)
- 5) Investigación: promover la investigación experimental en alimentación, sistemas de tratamiento, aplicación a la agricultura y en la producción de combustibles.

Un elemento adicional en los efectos 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 *et al.*, 2001; Udo, 2000).

EN MÉXICO

Importancia y tendencias

La porcicultura fue el sistema ganadero de crecimiento más rápido e importante por su aportación a la producción de carnes de 1975 a 1985 (cuadro IX, AE). En la década de los sesenta y la mitad de los setenta, la carne de cerdo presentó una alta elasticidad ingreso y según las encuestas de ingreso-gasto de 1963 y 1967, fue el cárnico de mayor consumo en los estratos de la población de menores ingresos (Lustig, 1981).

En ese tiempo, los avances en el nivel mundial en genética, sanidad, manejo y alimentación repercutieron en 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 periodo 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 573 000 toneladas en 1972 a 1.4 millones en 1983. En ese lapso el consumo per cápita se elevó de 11 kg/año a 19.6 kg/año (Pérez, 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 (que incluyó el sorgo, principal componente de la dieta de los cerdos en México) 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 los problemas ambientales que creaba, ignorando 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, llamada “década perdida”, y los programas de ajuste puestos en marcha modificaron por completo ese entorno: el mercado interno se estancó, se eliminó la mayor parte de los subsidios y se dio inicio a un proceso de apertura comercial que empieza con la adhesión de México al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros (GATT, por sus siglas en inglés) en 1986 y culmina en la primera mitad de los noventa, con la firma de varios acuerdos comerciales con diferentes países; destaca el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) con EU 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 cápita se contrae a la mitad, de 20 kg/año en 1983 a 9.1 kg/año en 1989.

A partir de 1991 la producción muestra un repunte modesto pero sistemático y en la actualidad la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos. En 2003, el inventario porcino fue de 18 millones de cabezas, la producción de carne de cerdo de 1.1 millones de toneladas todavía menor a la de 1984 y el consumo per cápita de alrededor de 11 kilogramos al año (cuadro X, AE).

La participación de la porcicultura en el producto interno bruto es insignificante, alrededor de 0.3%, sin embargo, su relevancia reside en los siguientes aspectos: a) proporciona un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la población,¹⁵ b) impone un uso específico (producción de sorgo y otros insumos para la alimentación) a vastas superficies agrícolas, c) genera una amplia y compleja cadena productiva y de comercialización 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 y d) desde el punto de vista ambiental emplea el recurso agua como resumidero de sus desechos.

Las organizaciones privadas de poricultores, Confederación Mexicana de Poricultores (CMP), estiman que la porcicultura genera 56 000 empleos directos y 280 000 indirectos.¹⁶

En los últimos 20 años el número de cerdos disminuyó de 1.5 millones en 1985 a 14 millones en 2002; sin embargo, las granjas ahora son mucho más eficientes que en el pasado y tanto el nivel de tecnificación como la concentración de animales por granja han aumentado (OCDE, 2003).

A pesar de estos cambios significativos, sus características fundamentales siguen siendo:

- Una enorme heterogeneidad productiva (sistemas, escalas, modalidades y niveles de tecnificación).

¹⁵En México, las distintas piezas que conforman la canal porcina tienen mercados diferenciados según estratos de ingreso (Proyecto SISVAN-FAO, 1988).

¹⁶“Posicionamiento del Sector Porcícola para la negociación del TLCAN”, documento disponible en el CMP y en el Consejo Nacional Agropecuario (CNA).

- Su dependencia del exterior en la obtención de insumos para la alimentación –entre 30 y 40% del sorgo y más de 80% de la soya son importados–, pie de cría y, en menor medida, maquinaria y equipo.¹⁷
- La falta de “internalización” de sus costos ambientales.

Por otra parte, no ha sido 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 ganaderías (Sagarpa, 2000 y 2001), se han orientado a apoyar a los grandes productores, en particular del sureste del país.

Características generales

La estadística oficial sobre el sector pecuario es sumamente limitada; sobre porcicultura genera sólo dos datos, la producción de carne de cerdo, información mensual estatal y el inventario porcino, dato agregado en el nivel nacional que se publica con un rezago de dos años.

Tampoco las organizaciones de poricultores proporcionan información estadística con respecto a 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 censal o bien, se obtienen de estudios particulares sobre el sector.

De acuerdo con el Censo Agropecuario de 1991, 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 9% eran granjas especializadas y el resto porcicultura de traspatio.

De las existencias rurales 55% estaba en manos de ejidatarios o asociaciones mixtas que representaban 75% de las unidades de producción. La propiedad privada poseía 45% del inventario y representaba 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 24% del inventario total (Pérez, 1993).

A partir de las cifras censales y con información proporcionada por las organizaciones de poricultores, se estima que 70% de las unidades privadas

¹⁷Importantes 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.

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 sitios donde las etapas de reproducción, destete y engorda se localizan en unidades independientes por razones sanitarias y en 1992, a partir de los cambios al artículo 27 constitucional, empiezan a surgir figuras asociativas entre empresarios privados y ejidatarios con la modalidad de aparcería, sistema particularmente exitoso en el estado de Yucatán.

Las organizaciones de poricultores y la Sagarpa estiman que en la actualidad el sector tecnificado abarca 46% de la piara, el semitecnificado 20% y el de traspatio 34%.¹⁸ El sector tecnificado responde por 55% de la producción de carne de cerdo, el semitecnificado por 20% y el resto, que prácticamente no ingresa a los circuitos de comercialización regional y nacional, se genera en las unidades de economía campesina, conocidos como “traspatio”.

Como sucede en otras ramas de la actividad económica, en la porcicultura las crisis han provocado una fuerte concentración de la producción; a partir de 1990 empiezan a establecerse empresas con más de 25 000 vientres, a las que se exige para entrar en operación, un estudio preventivo del efecto 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 lo mismo a simples tenedores de cerdos (un millón de unidades que poseen menos de cinco cabezas y que en conjunto aglutinan 29% de la piara), que a empresas especializadas con más de 1 000 cabezas que representan sólo 0.03% de las unidades y detentan 24% de la piara (Pérez, 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, drenaje, letrinas mal diseñadas, etc.— y por la presencia de cerdos no confinados.¹⁹

Si consideramos la información de los organismos de poricultores, en 1997 habrían aproximadamente 900 granjas con más de 500 cabezas de ganado porcino que detentaban alrededor de 8 millones de cerdos.²⁰ Se desconoce

¹⁸ 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.

¹⁹ La Secretaría de Salud está promoviendo el confinamiento de cerdos aunque esto representa el trabajo adicional de llevar el alimento al animal en lugar de que éste lo busque.

²⁰ Información obtenida en el Consejo Mexicano de Porcicultura.

cuántas granjas más de este nivel estarían fuera de las organizaciones, sin embargo, para la autoridad ambiental estas 900 granjas que concentran casi 70% de la piara constituirían una prioridad.

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 naturaleza, se comparten con la sociedad aunque ésta no lo desee.

La determinación del efecto ambiental de los desechos porcinos incluye, además de las repercusiones directas de los desechos sobre los recursos como 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 EU, Malasia, Singapur y Chile, se sabe que la orina representa 45% y las heces 55%; el contenido de humedad de la excreta es de 88%; cerca de 90% de los sólidos se excretan en las heces y 10% en la orina como minerales, potasio, fósforo y amoniaco-nitrógeno (Taiganides, *et al*, 1996).

Los lechones, destetes y hembras lactantes excretan cerca de 8% de su peso vivo por día; los cerdos en crecimiento y finalización excretan cerca de 7%; sementales y hembras gestantes y secas, animales que tienen un acceso limitado al alimento, excretan cerca de 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 en 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 a 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 (Pérez, 2001 y 2002):

- Desarrollo de una actividad especializada sin vinculación con la agricultura. La porcicultura moderna en México adoptó el modelo tecnológico estadounidense en los aspectos de reproducción, genética y alimentación, pero difiere en el manejo. En EU, la mayor parte de las granjas porcinas están integradas a la explotación agrícola para que los cerdos agreguen valor a los granos excedentes y sus residuos se reciclen como abono para los cultivos. En México, aun en zonas eminentemente agrícolas como los distritos de riego del noroeste y en menor medida en el Bajío, la porcicultura está separada de la agricultura, tanto en el uso de los insumos como en el aprovechamiento de los residuos.
- Concentración de la piara en un número cada vez menor de grandes unidades. Esta tendencia se presenta en la actividad mencionada 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 nuestro país no ha habido necesidad de planear las granjas en función del terreno disponible para el tratamiento de los desechos que produce.
- Falta de disponibilidad de terrenos agrícolas. Gran parte de la porcicultura tradicional e incluso algunas granjas modernas, no cuentan con el espacio necesario para el reciclaje de los residuos en éstos terrenos, ni tampoco tienen espacio para establecer 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 hay, por otra parte, un programa de relocalización de granjas que pueda aliviar este problema.

- Sistema de alimentación. El sistema que prevalece en la porcicultura mexicana se basa en el binomio grano-soya, el cual que se caracteriza por la inclusión de un elevado contenido de proteína que el aparato digestivo del cerdo asimila parcialmente.²¹ 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. Existe una gran escasez de personal técnico y profesional especializado en el manejo de los residuos de las granjas porcinas. El conocimiento técnico se da en el nivel mundial aunque para climas y circunstancias sociales y culturales diferentes. En nuestro país 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 de que el problema ambiental suele permanecer.

²¹ Aunque su capacidad de asimilación es mayor a la de otras especies, existe un problema de metabolización (Cuarón, 1992).

La porcicultura y el recurso agua

México es un país pobre en recursos hídricos.²² Su precipitación pluvial promedio es de 700 a 770 mm/año con rangos que van de 90 a 1 800 mm/año y posee sólo 0.1% del agua dulce que hay en el planeta (Alcoer y Escobar, 1996).

Estos recursos están además, mal distribuidos: sólo 5% del agua está por encima de la cota de los 2 000 metros de altitud, nivel 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 manifiestan 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, hay 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 uno a tres 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 (Ortiz, 1997).

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 casi nula pendiente topográfica 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.

²²El Banco Mundial clasifica como baja un disponibilidad entre 2 000 y 5 000 m³ por habitante al año. México se encuentra en este rango.

EN LA PIEDAD, MICHOACÁN

El marco espacial de esta investigación está formado por el municipio de La Piedad de Cabadas, Mich. en adelante lo referiremos como La Piedad y por Santa Ana Pacueco, colonia del municipio de Pénjamo, Guanajuato.

Las poblaciones de La Piedad y de Santa Ana Pacueco, comunicadas por dos puentes sobre el río Lerma, conforman una región homogénea en lo urbano, social y productivo, pero están vinculadas política y administrativamente, a dos diferentes estados. Para cuestiones relacionadas con el recurso agua, La Piedad depende de la gerencia estatal de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en la ciudad de Morelia, Michoacán y Santa Ana Pacueco de la gerencia estatal de la CNA 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 cerdos,²³ quienes pudieron organizarse en una Asociación Local de Porcicultores (ALP) independiente de la de Pénjamo a pesar de que la Ley de Asociaciones Ganaderas de 1937, señalaba que esta figura asociativa, la ALP, sólo se podía crear a partir de la división municipal; sin embargo, Santa Ana Pacueco logró ser una excepción.

El municipio de La Piedad²⁴ tiene una superficie de 271.59 km² y su cabecera municipal es la ciudad de La Piedad de Cabadas, situada al margen izquierdo 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°, con máximos de 35° y mínimos de 2°, 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 anuales²⁵ (Álvarez, 1967) distribuidos en un periodo re-

²³De acuerdo con la información de la Dirección de Ganadería del Estado, la Asociación Local de Porcicultores de Santa Ana Pacueco documenta aproximadamente 40% de total de cerdos en el estado.

²⁴La información que se presenta a continuación fue tomada de Álvarez (1967), Reséndiz (1988) y de la Secretaría de Gobernación (s/f).

gular 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 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 dos a cinco 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 del Zapote, el del Muerto y poco más lejos, el cerro de Zaragoza.

La hidrología la conforma el río Lerma que serpentea de oriente a occidente, sirviendo de límite natural entre los estados de Michoacán 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 Ticutaco, la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos construyó la presa Ing. Antonio Longone Rodríguez (antes presa de Ticutaco), con capacidad para almacenar 7.5 mi-

²⁵ Según la Secretaría de Gobernación 700 mm (*Michoacán y sus municipios*, s/f).

llones de metros cúbicos. En una vieja monografía sobre La Piedad (Álvarez, 1967), se menciona que esta presa estaba destinada al riego de 15 000 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 Ticutaco mencionó que más de 70% de la población de esta localidad vive ahora en EU. Otras presas de menor capacidad son Coyotes, Paredones y La Providencia. Forman parte de 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, Guanajuato.

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 Aramútaru 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.

Paradigma del problema ambiental

La cuenca del río Lerma se encuentra en la tercera región más contaminada después de la Península de Baja California y el Valle de México (CNA, 2001) y la primera subregión de más alta contaminación seguida del Alto Balsas y el Alto Pánuco (Sandoval, 2000).

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 Irapuato, 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) y 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 2).

Cuadro 2
APORTACIÓN DE CONTAMINANTES DE CUATRO MUNICIPIOS
DE LA CUENCA DEL LERMA

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

Fuente: A. Hansen, "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, La Piedad no hace una aportación significativa a la contaminación por metales pesados, pero 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 elevado 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.²⁶

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 ocho en La Piedad.²⁷

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 en febrero de 2002, no estaba en operación.

Paradigma de los sistemas porcícolas

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; Pérez, 1987).

²⁶ La planta podría tratar fácilmente el agua residual de una ciudad de un millón de habitantes; La Piedad tiene 100 000. 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.

²⁷ *Diario AM* de La Piedad, Mich., jueves 22 de abril de 1999.

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 la porcicultura de la región como una actividad altamente concentrada (5% de los productores poseían 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 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 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 a finales 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 en el 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 para evitar la entrada de lechones a las granjas, esto es, convertirse en productores de ciclo completo y hacer mejoras en genética y manejo.

La información proporcionada por las Asociaciones Locales de Porcicultores (ALP) de La Piedad y Santa Ana Pacueco en febrero de 1999, indicaba que 55% de las granjas eran de ciclo completo, 38% engordas, 4% lechonerías 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 dos y tres de una granja multisitios.

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

Los sistemas de alimentación y la genética empleados en la región son los de tipo "global", mencionados en este 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 zonas porcícolas como las de Sonora y Yucatán donde las características climatológicas son distintas.

CONCLUSIONES

1) La porcicultura genera el producto cárnico que más se produce y más se consume en todo el mundo. La carne de cerdo tiene la peculiaridad de ser 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.

2) Debido a su alta elasticidad ingreso y a la tendencia a copiar patrones de consumo "occidentales", las tasas de crecimiento más altas en la producción de carne de cerdo se presentan en los países en desarrollo como el nuestro, donde su consumo es aún reducido y los recursos naturales están más amenazados. Por otro lado, a raíz del surgimiento de enfermedades como la encefalopatía esponjiforme bovina y la influenza aviar, se estima que el consumo se incrementa también en los países desarrollados.

3) 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 ha menospreciado los problemas ambientales que ocasiona.

4) En México la porcicultura es una de las tres actividades ganaderas más importantes del país. En 2000 el inventario porcino fue de 14.1 millones de cabezas, la producción de carne ascendió a 1.1 millones de toneladas y el consumo per cápita 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, presentó un crecimiento moderado pero estable en 1990.

5) 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, la repercusión en el recurso agua podrá ser crítico.

6) La producción porcina en La Piedad, Michoacán 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 I
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
(millones de toneladas)

<i>Por especie y nivel de desarrollo</i>	<i>Promedios</i>		
	<i>1989-1990</i>	<i>2002-2003</i>	<i>TMCA</i>
TOTAL MUNIOAL	174.0	249.8	2.8
Cerdo	68.7	95.0	2.5
Bovino	53.4	58.4	0.7
Ave	39.1	75.3	5.2
Ovinos y caprinos	9.4	11.8	1.8
PAÍSES EN DESARROLLO	70.4	139.9	5.4
Cerdo	30.2	56.7	5.0
Bovino	19.2	28.2	3.0
Ave	13.9	40.3	8.5
Ovinos y caprinos	5.4	8.6	3.6
PAÍSES DESARROLLADOS	103.7	108.2	0.3
Cerdo	38.7	38.3	-0.1
Bovino	34.3	30.2	-1.0
Ave	25.2	34.9	2.5
Ovinos y caprinos	4.0	3.2	-1.6

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro I A
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CÁRNICOS Y DE CARNE DE CERDO, 2001
(kg/habitante/año)

	<i>Total cárnicos</i>	<i>Carne de cerdo</i>
TOTAL MUNDIAL	38.3	14.6
Países desarrollados	77.5	28.1
Unión Europea (12+)	92.2	44.2
EU	121.5	30.0
Canadá	99.8	29.5
Países en desarrollo	27.5	11.3
América Latina y el Caribe	57.6	8.7
México	57.5	12.7
Asia (+)	26.7	13.6

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro II
INVENTARIO MUNDIAL DE CERDOS. PRINCIPALES PAÍSES
(miles de cabezas)

	<i>2003</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
China	470 010	49.3	49.3
EU	59 513	6.2	55.5
Brasil	30 100	3.2	58.7
Alemania	26 251	2.8	61.5
España	23 517	2.5	64.0
Vietnam	23 200	2.4	66.4
Polonia	18 997	2.0	68.4
India	18 500	1.9	70.3
MÉXICO	18 100	1.9	72.2
Rusia	17 337	1.8	74.0
Francia	15 296	1.6	75.6
Holanda	11 154	1.2	76.8
TOTAL MUNDIAL	952 900	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro III
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE DE CERDO. PRINCIPALES PAÍSES
(miles de toneladas)

	<i>2003</i>	%	<i>% acumulado</i>
TOTAL MUNDIAL	95 779		
China	45 567	47.3	47.3
EU	8 931	9.4	56.7
Alemania	4 123	4.3	61.0
España	3 200	3.1	64.1
Francia	2 350	2.4	65.5
Brasil	2 145	2.2	68.7
Polonia	2 050	1.8	74.3
Canadá	1 910	1.9	70.6
Dinamarca	1 761	1.9	72.5
Federación Rusa	1 675	1.7	76.0
Italia	1 550	1.6	77.6
Países Bajos	1 420	1.5	79.1
Japón	1 260	1.3	81.8
Filipinas	1 145	1.4	80.5
Bélgica-Luxemburgo	1 086	1.1	82.9
México	1 084	1.1	84.0

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro IV
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE DE CERDO
(miles de toneladas)

	<i>2003</i>	%
TOTAL MUNDIAL	95 779	100.0
Subtotal	76 632	80.0
China	45 567	47.6
Este y Sudeste asiáticos	5 684	5.9
Europa	25 381	26.5

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro V
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
(millones de toneladas)

<i>Año</i>	<i>Total mundial</i>	<i>Cerdo</i>	<i>Bovino</i>	<i>Ave</i>	<i>Ovino caprino</i>	<i>Otras</i>
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	89.4	55.8	54.1	11.0	16.6
2000	234.0	89.5	56.9	69.1	11.4	7.1
2001	237.8	91.2	56.1	71.6	11.5	7.4
2002	249.8	94.1	58.1	74.6	11.8	11.2
2003	249.9	95.8	58.7	75.9	11.8	7.7
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
TMCA 2003-90	2.4	2.3	0.7	5.6	1.5	-2.8
TMCA 2003-95	2.2	2.2	1.0	5.7	1.2	-7.2
TMCA 2003-99	2.0	1.4	1.0	7.0	1.4	-14.2

TMCA: tasa media de crecimiento anual.

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro VI
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE
(estructura porcentual)

<i>Año</i>	<i>Total mundial</i>	<i>Cerdo</i>	<i>Bovino</i>	<i>Ave</i>	<i>Ovino caprino</i>	<i>Otras</i>
1990	100.0	38.9	29.7	19.7	5.3	6.4
1991	100.0	38.9	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	7.4
2000	100.0	38.2	24.3	29.5	4.9	3.0
2001	100.0	38.4	23.6	30.1	4.8	3.1
2002	100.0	37.7	23.3	29.9	4.7	4.5
2003	100.0	38.3	23.5	30.4	4.7	3.1

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro VII
EXPORTACIONES DE CARNE DE CERDO
(toneladas)

	<i>2002</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
Dinamarca	1 293	16.7	16.7
Canadá	772	9.9	26.6
Países Bajos	750	9.7	36.3
Bélgica-Luxemburgo	727	9.4	45.7
EU	653	8.4	54.1
Alemania	603	7.8	61.9
Francia	526	6.8	68.7
España	468	6.0	74.7
Reino Unido	116	1.5	76.2
Subtotal		76.2	
TOTAL MUNDIAL	7 764	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro VIII
IMPORTACIONES DE CARNE DE CERDO
(toneladas)

	<i>2002</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
Japón	1 046	13.2	13.2
Italia	952	12.0	25.2
Alemania	865	10.9	36.1
Reino Unido	767	9.7	45.8
Federación de Rusia	640	8.1	53.9
EU	480	6.1	60.0
Francia	405	5.1	65.1
MÉXICO	289	3.6	68.7
China	198	2.5	71.2
Grecia	178	2.2	73.4
República de Corea	156	2.0	75.4
Subtotal		75.4	
TOTAL MUNDIAL	7 920	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base de datos FAOSTAT, FAO.

Cuadro IX PRODUCCIÓN DE CARNE DE CANAL EN MÉXICO

Año	(miles de toneladas)				(porcientos)			
	Bovino	Cerdo	Aves	Total	Bovino	Cerdo	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				
2000	1 408.6	1 030.0	1 848.7	4 287.3	32.9	24.0	43.1	100.0
2001	1 428.4	1 057.8	1 921.6	4 497.8	32.4	24.0	43.6	100.0
2002	1 467.6	1 070.2	2 102.7	4 640.5	31.6	23.1	45.3	100.0
TMCA 2002/00	1.4	1.3	4.4	2.7				

TMCA: tasas medias de crecimiento anual.

Fuente: 1972-1984, *Compendio histórico estadístico de la producción pecuaria*, SAG; 1985-1999, Subsecretaría de Planeación, Sagar.

Cuadro X
PORCICULTURA EN MÉXICO. INVENTARIO, PRODUCCIÓN Y CONSUMO PER CÁPITA

<i>Año</i>	<i>Inventario* (cabezas)</i>	<i>Producción* (toneladas)</i>	<i>Consumo per cápita (kg/año)</i>
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
2000	16 087	1 030	
2001	17 584	1 057	
2002	18 000	1 070	
2003	18 100	1 084	
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, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera, Sagarpa.

2. LAS RAÍCES TEÓRICAS DE LA POLÍTICA AMBIENTAL EN LA PORCICULTURA

Las medidas de política ambiental 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, destaca el último como base de la política ambiental. México se suma a la estrategia ambiental que predomina en el nivel internacional, haciendo descansar su política ambiental en regulaciones. Forma parte de este trabajo la norma sobre descarga de aguas residuales que se describe en el presente apartado y se analiza su aplicación práctica en el siguiente.

La teoría económica neoclásica ofrece por medio de una de sus vertientes 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.

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 Ricardo,¹ los modelos de desarrollo neoclásico y sus variantes modernas, así como el esquema marxista 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 de conceptos, definiciones y caracterizaciones sobre desarrollo económico realizado por Urquidi en 1994, en la obra de Myrdal, Rosenstein-Rodan, Lewis, Singer, Prebish, Ahumada, Furtado, Sunkel y Pinto, confirma el planteamiento de la ausencia del medio ambiente en los modelos de desarrollo. 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 en desarrollo.

Georgescu-Roegen, uno de los críticos más consistentes sobre la economía convencional, destacaba la influencia de los adelantos de la física y la mecánica del siglo XIX, en los planteamientos y características de la economía neoclásica, en contraste con la omisión de las aportaciones de la naturaleza al proceso de desarrollo económico (Georgescu-Roegen, 1996).

Los fundadores de la economía moderna, entre otros Jevons (1879) y Walras (1900),² trataron de crear una ciencia de acuerdo con el modelo exacto de la mecánica, que heredaba de la mecánica clásica el ignorar 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).

¹ *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.

² Años en que se publicaron las obras. Las ediciones consultadas son de 1998 y 1987, respectivamente.

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 agentes,³ la presencia de una “dotación” inicial de factores (que deja sin cuestionar los problemas de distribución) y la competencia perfecta.⁴

A partir de un marco conceptual mecanicista (sin cambios cualitativos), homocéntrico (producto 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 de 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 estadounidense Rachel Carson marca un hito en la conciencia ambiental de esos años, que también son testigos de lo que se conoce como “movimiento ambientalista”.

De este movimiento, pero desde el punto de vista 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 (1985), 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 sis-

³ 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.

⁴ 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.

temática a la economía ambiental. Son representantes de esta última corriente entre otros Hermann Daly (1977) 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, poniéndolos al servicio del análisis de los problemas ambientales.

Un aspecto importante a destacar es que uno de los textos más conocidos sobre economía ambiental (Turner *et al.*, 1994), señala que ésta, a diferencia de lo que plantea Georgescu-Roegen para la economía ortodoxa, percibe el 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 ahí que considere como uno 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 (eficiencia y competitividad) y los procesos de especialización, sustitución y globalización que caracterizan esta racionalidad 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 la evaluación económica de los recursos naturales y de la biodiversidad se han generado en los países desarrollados septentrionales, lo que plantea un problema irresoluble de intransferibilidad.

Externalidades y cómo se resuelven

El concepto medular de la economía ambiental, tomado de la economía “a secas”, es el de externalidad, el cual se aplica a fenómenos que tienen que ver con los problemas de sobreexplotación, sobreutilización, agotamiento y contaminación de los recursos naturales. Su aplicación a este último fenómeno se desprende de la conceptualización que los economistas ambientales elaboran respecto 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 en inglés como *pollution*.⁵

Si los efectos ambientales nocivos causan daño a la salud humana o afectan negativamente su bienestar, los economistas reconocerán la presencia de *polución* económica, por lo tanto, la definición económica de *polución* conlleva dos tipos de efecto, los fisicoquímicos o biológicos que repercuten 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 o sus efectos compensados monetariamente.

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 la deforestación del paisaje o la acumulación de basura en los ríos, hasta la muerte por inhalación de gases tóxicos, pasando por diversos grados de enfermedad.

El tema de las externalidades —positivas o negativas— estuvo presente en la teoría económica a partir de que Pigou⁶ en 1920, sienta las bases para establecer la diferencia entre los costos privados y los públicos atribuidos a fenó-

⁵ El término *polución* no existe en español pero se empleará en cursivas en los siguientes párrafos, sólo para hacer referencia al proceso específico al que alude la palabra en inglés.

⁶ Arthur Cecil Pigou (1877-1995) fue pionero de la rama de la economía conocida como economía del bienestar que se encarga de orientar las determinaciones públicas. Pigou planteó que introduciendo reglas que se respeten, se asegura que las decisiones relacionadas con las externalidades se puedan realizar de acuerdo con el interés público.

menos monetarios o técnicos. Sólo décadas después se les identificó también con problemas ambientales.

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 algunos teóricos (Baumol y Oates, 1988) 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,
- congestiónamiento de las vías urbanas, y
- ruido en áreas metropolitanas.

En la actualidad habría que agregar a esta lista el cambio climático.

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. La contaminación⁷ ocasionada por un productor que incrementa los costos de otros, 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 en éste 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.

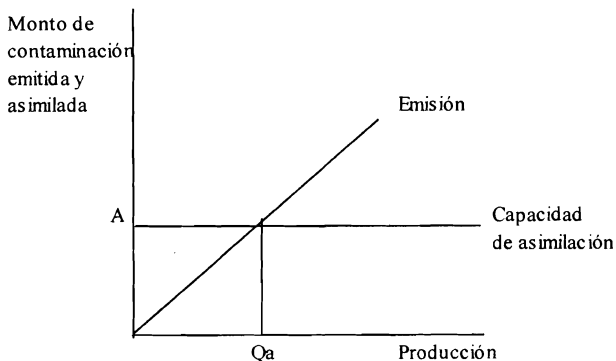
Sin precios que incentiven la reducción de la actividad contaminante, el resultado es una demanda excesiva en relación con la capacidad de asimilación del ambiente. El problema es que ningún precio normal puede cumplir con esta tarea.

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

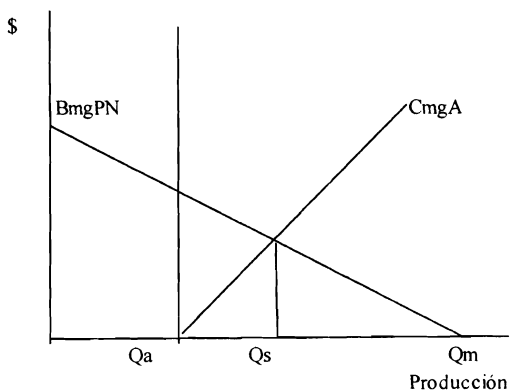
⁷ Término que en adelante se utilizará para hacer referencia a la *polución* ya sea económica o biofísica.

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.

Gráfica 1
PRODUCCIÓN DE ACUERDO CON LA CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN



Gráfica 2
ÓPTIMO SOCIAL Y PRIVADO DE PRODUCCIÓN



En un mercado de competencia perfecta –cuyas condiciones⁸ 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 por medio de leyes, regulaciones, impuestos, subsidios o asignando derechos de propiedad, el precio de equilibrio anterior no reflejaría el costo total de producción, pues tampoco incluiría el costo social. Tener en cuenta este último es, *internalizar* los costos sociales, lo que desplazaría la curva de costos hacia arriba incrementando el precio de equilibrio.

Cuando hay una externalidad en la producción, ésta en la empresa se ve afectada 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.

El óptimo de Pareto significa que en un modelo de equilibrio general “puesto que el propio concepto de externalidad implica un grado de interdependencia suficiente como para hacer surgir dudas sobre la fiabilidad del análisis parcial”,⁹ la maximización de la función de utilidad de un individuo no conlleva la disminución de la utilidad de otro, la maximización de los beneficios responden a las condiciones de concavidad-convexidad de la función de producción (primera derivada de la función igual a cero y segunda negativa) y la falta de presencia de externalidades.

En opinión de Baumol y Oates, hay diversos modelos que determinan las condiciones necesarias y suficientes para que el mecanismo de mercado proporcione una asignación de recursos que sea óptima en el sentido de Pareto, aunque hayan externalidades.

A guisa de ejemplo incluimos la propuesta de Varian al respecto. De acuerdo con este autor, la externalidad se puede expresar como sigue:

$$\begin{aligned}\pi_1 &= \max px - c(x) \\ \pi_2 &= -e(x)\end{aligned}$$

⁸ Las condiciones para que tal modelo se dé 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.

⁹ El desarrollo formal del tema de las externalidades públicas o inagotables se encuentra en el capítulo 4 del texto clásico de Baumol y Oates (1988).

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:

$$p = c'(x_q)$$

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 fusionen a fin de que la primera haga suya, 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 a la 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 excluyente,¹⁰ 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 estable-

¹⁰ 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). Baumol los define como bienes “inagotables”.

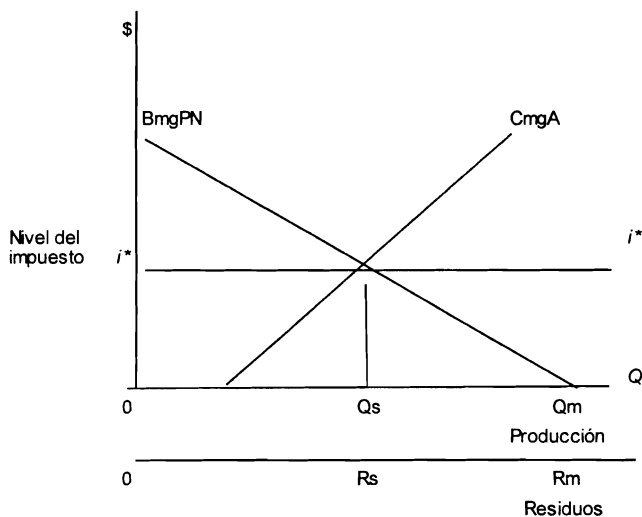
cimiento de impuestos “pigouvianos”, la creación de mercados para la contaminación y el establecimiento de derechos de propiedad.

a) Impuestos pigouvianos

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

Para internalizar el costo externo que un emisor impone a los demás agentes económicos, la autoridad ambiental puede fijar un impuesto por unidad de emisión de contaminante que iguale el daño marginal producido en las víctimas (Baumol y Oates, 1988) o el 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 Varian si esto se lograra, la autoridad se limitaría 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 ($B_{mg}PN > 0$). 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 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 igual 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” (PPP)¹¹ adoptado por los países de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED) en 1972, y aunado con la falta de 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, inclusive el de todos los recursos naturales usados, ya sea como insumos o como resumideros de residuos, esto es, integrar al ambiente con su capacidad para asimilar residuos.

Los impuestos “verdes” tienen las siguientes ventajas:

- Su administración mediante estructuras fiscales presentes 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, también el impuesto se reduce.
- 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 teoría se ve como prometedor, en realidad enfrenta escollos que hacen del establecimiento de impuestos pigouvianos una tarea muy difi-

¹¹ Por sus siglas en inglés PPP, *Polluters Pays Principle*.

cil, 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 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.

A estas limitaciones hay que agregar la más importante: 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 ahí 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 que el precio del producto se incrementa con el 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 lo es, el impuesto podrá ser efectivo.

b) Creación de mercados

Otra forma de resolver las ineficiencias que plantean las externalidades es creando mercados para bienes y servicios ambientales que suelen ser gratuitos al restringir el acceso a esta clase de bienes y servicios por medio de dos instrumentos: a) imponiendo un cargo a este acceso o, b) imponiendo un cargo al derecho de propiedad sobre dichos servicios.

De acuerdo con Varian, la creación de un mercado en el cual la empresa puede expresar 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. Sin embargo, el problema con el que se enfrenta la teoría nuevamente, es que los mercados de contaminación

son muy limitados y, por eso, no hay ninguna razón para pensar que un mercado de este tipo pueda comportarse competitivamente.

c] Derechos de propiedad

Para autores como Baumol, las externalidades pueden ser eliminadas mediante 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; sin embargo, él mismo reconoce que esta asignación de derechos de propiedad no es útil para alcanzar totalmente la eficiencia, porque deja sin resolver el problema de las externalidades en el consumo y también en cuanto a bienes públicos.

El exponente clásico de la apología de derechos de propiedad y del “regateo” entre contaminadores y afectados, es Richard Coase. Uno de sus planteamientos más conocidos, “el teorema de Coase”, señala que sin tomar en cuenta quién detente los derechos de propiedad, hay una tendencia al óptimo social mediante el regateo.

El teorema de Coase dio lugar a un amplio debate, a fuertes críticas y a la conclusión, por parte de algunos autores (Turner *et al.*, 1994) de que el teorema es importante porque fuerza a los abogados de la intervención ambiental a definir sus términos y justificar sus planteamientos más cuidadosamente, aunque hay muchas razones por las cuales el regateo no puede ocurrir.

Los organismos internacionales como el Banco Mundial (BM) y el Fondo Monetario Internacional (FMI) señalan que las formas de propiedad comunales y estatales son una de las causas de la degradación ambiental en los países emergentes y en desarrollo, y condicionan sus préstamos a que se privaticen. 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 los estudios empíricos muestran que ni la propiedad privada ni la pública constituyen una garantía para la conservación de los recursos.

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

LA POLÍTICA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Desde una perspectiva más amplia, la economía ambiental (Turner, 1994) propone reestructurar los mercados para que los servicios ambientales entren de una manera más eficiente, bajo dos enfoques, el indirecto, representado por incentivos de mercado y el directo, basado en regulaciones o normas. Junto con medidas de carácter más amplio, como son la protección de áreas naturales, regulación directa de la vida silvestre, ordenamiento ecológico del territorio, evaluación del impacto ambiental, estudios de riesgo, regulación directa de materiales y residuos peligrosos y de actividades industriales, autorregulación, auditorías ambientales, instrumentos económicos, criterios ecológicos, información ambiental, educación e investigación y convenios, acuerdos y participación. Los instrumentos que se agrupan en ambas orientaciones constituyen la base de la política de protección ambiental.



* Se asignan centralmente los valores a los bienes ambientales

Instrumentos en torno al mercado

Los instrumentos o medidas de incentiviación económica incluyen 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):

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

La creación de mercados se da generalmente por un cambio en la legislación y reglamentación para restringir el acceso a bienes y servicios ambientales, para introducir derechos de propiedad. El apoyo a mercados tiene lugar cuando se asume la responsabilidad de estabilizar los precios o ciertos mercados.

La alteración directa ocurre cuando se imponen cargos a los productos o a los procesos que generan esos productos, por ejemplo, los cargos a emisiones o a insumos. Las alteraciones indirectas surgen cuando se otorgan subsidios directos, créditos blandos o incentivos fiscales como la depreciación acelerada, para inducir tecnologías ambientales limpias. También cuando se aplican “incentivos” para el cumplimiento, ya sean multas o bonos de cumplimiento.

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, esquemas de mercadeo y otros.

En México, por ejemplo, los instrumentos económicos aplicados a la solución de problemas ambientales hasta 2000 eran mínimos, estaban limitados a los contribuyentes mayores del sector industrial y pertenecían 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 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.

A finales de 2001 se logró introducir en la miscelánea fiscal el establecimiento de un derecho por el uso de áreas protegidas.

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.

A pesar de que las regulaciones directas se consideran ineficientes, tanto en la teoría como en la práctica, 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 pueden mencionar las siguientes (Turner, 2004):

- Por lo general, los que contaminan, conocen con más certeza que el gobierno lo que cuesta reducir una emisión contaminante y para que la agencia reguladora pueda cumplir con su función de vigilancia, debe emplear recursos para obtener información que los contaminadores poseen como parte de su negocio.
- Los contaminadores tienen que cumplir con un determinado estándar sujeto generalmente a un tipo de tecnología, por ejemplo, “la mejor tecnología de control disponible”,¹² o a otras que también son de “final de tubo”. El empleo de diferentes tecnologías significa que cada contaminador tiene diferentes costos de control para no rebasar los mínimos permitidos por la norma o estándar.
- Una vez establecida una regulación no hay ningún incentivo para reducir la contaminación por debajo de los límites de aquella.
- La selección de técnicas se limita a soluciones de final de tubo, lo que implica un sesgo en la orientación de la investigación y el desarrollo tecnológico y puede crear un cierto conflicto entre el desarrollo tecnológico, el ambiente y la competitividad.

Finalmente, pero no menos importante, las regulaciones directas así como el PPP, otorgan un derecho *de facto* al contaminador a descargar un nivel de efluente aceptable libre de cargos.

¹² Conocida por sus siglas en inglés como BACT (*Best Available Control Technology*).

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 nuestro país ha establecido relaciones comerciales mediante tratados y acuerdos, especialmente EU, Canadá y con los países de la Unión Europea, la aplicación de excretas a la agricultura y las descargas de aguas residuales de los sistemas ganaderos intensivos están controladas por 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, o incluso cada región en lo particular, pueden introducir normas especiales.

Por ejemplo, en Holanda donde la cantidad de cerdos casi duplica 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 poseer está en función de la cantidad de terreno disponible para aplicar las excretas.

En México, 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, se publica el reglamento correspondiente en el que, por primera vez, se establecen límites para cinco parámetros de las descargas de aguas residuales:

- Contenido de grasas y aceites no mayor a 70 mg/l.
- Sólidos sedimentables no mayor a 1 ml/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 y se deroga en 1991, cuando se publica la Ley Federal de Derechos en

Materia de Agua (LFDMA), donde se establece que las empresas con descargas mayores a 3 000 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 los límites como los parámetros son los clásicos para normar las descargas de aguas residuales municipales. Las descargas de las granjas porcinas pueden tener enormes variaciones de un día a otro, 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 LFDMA, 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) modificada 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, CPD (condiciones particulares de descarga) para empresas en lo particular y el segundo, normas sobre descargas de aguas residuales para determinadas ramas industriales. Las CPD fueron impuestas aun cuando no existían los estudios o “declaratorias” del cuerpo receptor que las sustentaran.

Durante un periodo que va de 1988, año en que se 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 Pesca (Semarnap), ahora sólo Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), cuatro secretarías de Estado, con base en las 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
SECRETARÍAS CON INGERENCIA EN EL RECURSO AGUA, 1988-1994

<i>Dependencia</i>	<i>Legislación</i>	<i>Fecha</i>
Secretaría de Desarrollo Social	Ley Federal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Enero de 1988
Secretaría de Salud	Ley General de Salud	Junio de 1991
Secretaría de Hacienda y Crédito Público	Ley Federal de Derechos en Materia de Agua	Julio de 1992
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos	Ley de Aguas Nacionales	Diciembre de 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 involucran la salud de las personas, los animales y las plantas, 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 44 y NOM 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-Semarnat-1996,¹³ que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales,¹⁴ en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* del 6 de enero de 1997. Esta norma que entra en vigor al día siguiente de su publicación sustituye 44 normas técnicas elaboradas anteriormente y hace voluntario el cumplimiento

¹³NOM-001 o norma 001 a partir de aquí.

¹⁴Una 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. Véase 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.

de las condiciones particulares de descarga (CPD) que la Comisión Nacional del Agua había establecido anteriormente para unidades productivas en lo particular.

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 receptor¹⁵ y el uso posterior que se haga del agua.

La autoridad consideró que si controlaban las descargas de los contaminadores mayores, grandes empresas no muy numerosas, a corto plazo se reduciría significativamente la contaminación de los cuerpos de agua. De allí que la norma establezca plazos de cumplimiento diferentes de acuerdo con el tamaño del usuario que emite la descarga.

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 *Diario Oficial de la Federación* 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.

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 con el uso que se 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

¹⁵ Cuerpo receptor son las aguas y bienes nacionales donde se vierten aguas residuales (véase definición 3.10 de la norma).

residual para el riego agrícola.¹⁶ Con esta norma se establecen los parámetros de contaminación de la descarga en función de usos posteriores del agua que 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 4
CUERPO RECEPTOR Y USOS POSTERIORES DEL AGUA

<i>Cuerpo receptor</i>	<i>Usos posteriores del agua</i>
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.

Los LMP para coliformes fecales (CF) son de 1 000 como número más probable (NMP) por cada 100 mililitros de agua residual, si se toma el promedio mensual de las muestras y de 2 000 si se considera el promedio diario. El potencial hidrógeno (pH) se establece entre cinco 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.

¹⁶La NOM-003-Semarnat-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.

Cuadro 5
CONTAMINANTES QUE REGULA LA NOM-001

<i>Parámetros básicos</i>	<i>Metales pesados y cianuros</i>	<i>Parámetros bacteriológicos</i>
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 es innecesario hacer el análisis de aquellos parámetros de contaminación cuando se demuestre que, por las características del proceso productivo o la manera, como se usa el agua, estos contaminantes pueden o no generarse y cuando sí lo hacen es en concentraciones insignificantes.

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

Tabla 1

Parámetros	Límites máximos permisibles para contaminantes básicos																				
	Ríos						Embalses naturales y artificiales				Aguas costeras						Suelo. Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)		
	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)		Suelo. Uso en riego agrícola (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.	
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	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 suspendidos 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	
Nitrógeno 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.	

A. Ausente.

(1) Instantáneo.

(2) Muestra simple promedio ponderado.

(3) Ausente según el método de prueba en la NMX-AA-006.

N.A. No aplicable.

P.M. Promedio mensual.

P.D. Promedio diario.

(A), (B) y (C) tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.

Tabla 2

Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros																						
Parámetros	Ríos						Embalses naturales y artificiales				Aguas costeras						Suelo. Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)			
	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, navega- ción y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (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	0.2	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	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	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	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	1.0	2.0
Cobre	4.0	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	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	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	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	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	0.01
Niquel	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2	4.0
Plomo	0.5	1.0	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	5.0	10	0.2	0.4	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

(1) Instantáneo.

(2) Muestra simple promedio ponderado.

(3) Ausente según el método de prueba en la NMX-AA-006.

P.M. Promedio mensual.

P.D. Promedio diario.

(A), (B) y (C) Tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.

c) Gradualidad

La NOM-001 es de aplicación gradual para distinto tipo de usuario 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 6
PLAZOS DE CUMPLIMIENTO PARA DESCARGAS NO MUNICIPALES

<i>Fecha de cumplimiento</i>	<i>Carga contaminante</i>	
	<i>Demanda bioquímica de oxígeno t/d (toneladas/día)</i>	<i>Sólidos suspendidos totales t/d (toneladas/día)</i>
1 de enero de 2000	Mayor de 3.0	Mayor de 3.0
1 de enero de 2005	De 1.2 a 3.0	De 1.2 a 3.0
1 de enero 2010	Menor de 1.2	Menor de 1.2

d) Programa de acciones

Poco después de la publicación de la NOM-001, el 27 de marzo de 1997, apareció en el *DOF* el Programa de Acciones para el Cumplimiento de la Norma. Se otorgaron plazos para la entrega de éste 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.

Éste incluía dos formatos: uno llamado Programa de Acciones para Mejorar la Calidad de las Descargas de las Aguas Residuales (PAMCAR) y el otro, Seguimiento y Control de las Acciones (Sectra), donde se plasmaba un compromiso de construcción de obra o compra de equipo por parte del usuario. Algunos porcicultores presentaron la obra ya realizada como Programa de Acciones.

De acuerdo con 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 era 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 necesarios,¹⁷ dar seguimiento a cada uno de los programas y constatar que lo establecido en el programa de Acciones se cumpla en la granja.

Análisis costo beneficio de la norma

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”,¹⁸ que la norma era viable económicamente para tasas de descuento menores a 11.5 por ciento.

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, hierro y acero.

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

¹⁷Funcionarios de la Gerencia Técnica informaron que en promedio hay entre cuatro y seis inspectores en cada estado para supervisar todas las descargas: municipales, industriales y pecuarias.

¹⁸Lo 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 ciento).

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.

Dadas las características de las descargas, las propuestas tecnológicas en las que se basan las estimaciones de costos consideran un tratamiento secundario que es una combinación de tratamientos físicos y biológicos.

En la producción de cerdos, cumplir con los LMP de la norma cuando se descarga a cuerpos receptores, significa poner en práctica sistemas de tratamiento como la coagulación, floculación, intercambio iónico, etc. Conocidos como tratamientos terciarios cuando siguen un proceso de tipo biológico (San Martín, 2000), puesto que la carga orgánica es mucho mayor que en las ramas industriales incluidas en el análisis costo-beneficio de la norma.

Cuadro 7
CARGA ORGÁNICA DE CINCO INDUSTRIAS Y DE LA PORCICULTURA

<i>Industrias</i>	<i>SST</i> <i>mg/l</i>	<i>DBO</i> <i>Mg/l</i>
Fabricación de azúcar		
Crudo	65	149
Estándar	418	714
Refinado	610	1091
Industria química		
Ácidos, bases y sales	1452	13
Resinas y hule sintético	896	428
Industria farmacéutica	463	562
Plaguicidas	376	209
Porcicultura*	23 013	7 238

SST: sólidos suspendidos totales.

DBO: demanda bioquímica de oxígeno.

* Supone 18 litros por cerdo.

Fuente: Rojas *et al.*, 1997; Taiganides *et al.*, 1997.

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 la 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 EU

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 habitante.

Aunque los autores reconocen que la determinación del valor de una vida no es un asunto trivial y que tiene que ver con conceptos éticos 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 la norma 001 se puede reducir anualmente en 50% el número de muertes, sin indicar en qué periodo. 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 7.0% de la superficie de riego.

Los autores plantean que el tratamiento de las aguas residuales destinadas a riego no sólo puede incrementar los rendimientos, sino que puede haber una sustitución de cultivos por otros más rentables, sobre todo en 70% de los distritos que riegan con una mayor concentración de aguas residuales (Tula, Valsequillo, Alfajayucan y Chiconautla-Chalco). De tal manera que el maíz se puede sustituir por chile, la alfalfa por jitomate y el frijol por hortalizas. Con base en los costos y precios de los cultivos involucrados, los beneficios se calcularon para los niveles de tratamiento necesarios para los cuerpos receptores B y C de la norma.

El cálculo del beneficio ignora, o por lo menos subestima, que hay cadenas de comercialización establecidas, que hay una política agrícola que privilegia ciertos cultivos y que sustituir el frijol por hortalizas representa un reto técnico y comercial de dimensiones considerables.

En EU se han llevado a cabo estudios para medir los beneficios del mejoramiento en la calidad del agua con la finalidad de que la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), pueda comparar estos beneficios con los costos involucrados en la ley de agua limpia (*Clean Water Act*) en escala nacional. 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 en los 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 en ese tema reconocen que se requiere más investigación aplicada para determinar la parte más sensible de este estudio que es la categoría de beneficios. También reconocen que el tipo de investigación que necesitan los encargados de diseñar la 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 proyecciones de las que parte son erróneas (la población en el año 2000), las estimaciones de morbilidad y mortalidad cuestionables y el pronóstico de un cambio en el patrón de cultivos, una posibilidad remota. En cuanto a los costos, el supuesto de un tratamiento secundario para remover contaminantes en los niveles "clásicos" no es aplicable a varias actividades económicas: ingenios azucareros cuando se incluye la producción de alcoholes, beneficios de café, rastros y mataderos, y granjas porcinas.

El análisis costo-beneficio tampoco es convincente por el nivel agregado con el que se trabajó para una norma de tipo genérico que no tiene correspondencia con ninguna otra norma internacional.

CONCLUSIONES

1) 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 introducirlos al mercado y a las funciones de costos de las empresas.

2) 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 pusieron 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 EU y la Unión Europea, UE) e inútil en otros (emisiones de cloro-

fluorocarbonados a la atmósfera), ha sido apuntalada en los países desarrollados con el empleo de enormes subsidios y gracias al gran desarrollo de sus instituciones.

3) Si la estrategia ambiental ha sido limitada en los países más ricos del planeta, 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.

4) México se suma a la estrategia ambiental internacional elaborando normas oficiales mexicanas en cuestiones que afectan la salud de las personas, los animales y vegetales, la seguridad y el ambiente. De 1992 a 1996 se publicaron 44 normas oficiales para las descargas de aguas residuales de diversos giros de la actividad económica. Una norma específica para la producción de cerdos estaba en proceso cuando la autoridad da marcha atrás, al abrogar las normas existentes y sustituirlas por una norma genérica.

5) La norma oficial mexicana (NOM) para descargas de aguas residuales de 1996 (se publica en enero de 1997) es gradual de acuerdo con la carga contaminante de la descarga, regula el cuerpo receptor, establece límites máximos permisibles para 20 parámetros y su viabilidad económica se basa en un estudio de costo-beneficio cuestionable. Los costos suponen un tratamiento secundario.

6) En consecuencia, las granjas porcinas no pueden cumplir con esta norma porque el tipo de descarga requiere un tratamiento terciario para no rebasar sus límites máximos permisibles.

3. EL COSTO AMBIENTAL EN LA PORCICULTURA DE LA PIEDAD

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 la norma 001, 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 de aguas residuales, 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 efectuada en septiembre de 1999 y en entrevistas a poricultores, directivos de las asociaciones locales de poricultores 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 complejo e interviene numerosos elementos que no se relacionan entre sí de una manera lineal.

El presente capítulo se basa en los resultados de una investigación desarrollada durante 1999 en La Piedad, Michoacán y Santa Ana Pacueco, Guanajuato,

que incluyó el levantamiento de una encuesta en 33 granjas porcinas, la toma de muestras de agua residual en las granjas y su análisis, entrevistas a poricultores, funcionarios, etcétera.

Los aspectos metodológicos de la investigación: fuentes de información, selección y cálculo de la muestra, levantamiento de la encuesta, toma de muestras para los análisis de agua, el modelo estadístico utilizado, cálculo del pago de un derecho y las definiciones de los parámetros usados en el documento se encuentran en el apéndice metodológico al final de este capítulo.

“INTERNALIZANDO” EN LA PORCICULTURA

En sentido estricto, la internalización del costo ambiental por los poricultores debería 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 atención médica 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 de estudio, se antoja un ejercicio si no imposible, sumamente complejo.

Por tal motivo, como vimos en el capítulo 2, 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, 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.

En virtud de la obligación ambiental de cumplir con todos los parámetros de la norma el uno de enero del año 2000, las granjas grandes¹ realizaron inversiones en instalaciones para no rebasar los LMP de la norma; en el caso de las granjas medianas y pequeñas la norma otorga plazos de cumplimiento más largos. Sin embargo, la presión de las autoridades locales y federales –que en ocasiones fue discrecional y poco transparente– para obligar a mejorar y controlar la calidad de las descargas, data de muchos años atrás por lo que granjas de distintos tamaños, 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, a veces de carácter extralegal.

Inversión en sistemas de tratamiento

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

a) en primer término, la presión de la autoridad ambiental a lo largo de más de dos décadas, periodo durante el cual se fijaron condiciones particula-

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), las medianas entre 1.2 y 3 ton/día SST y pequeñas con menos de 1.2 ton/día SST.

res de descarga (CPD) a varias granjas y se cobraron multas y derechos por el incumplimiento de los reglamentos y las CPD vigentes hasta 1996, b) la localización de la granja a pie de la carretera, c) su localización en núcleos de población² y d) motivaciones subjetivas como la percepción o “conciencia” que el productor crea problemas ambientales, 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 tratamiento influyen múltiples factores: tamaño de la granja, modalidad, sistema de alimentación, formas de manejo de agua, sistema de tratamiento nivel de tecnificación (número y características de las operaciones unitarias) y especificidades de la normatividad vigente (límites máximos permisibles según tipo de cuerpo receptor).

Algunas de estas características se incluyeron como variables independientes en un modelo de regresión cuyo propósito fue determinar la asociación entre estas variables y los niveles de inversión en sistemas de tratamiento. En los siguientes párrafos se analizan cualitativamente y en el apéndice metodológico se muestran los resultados de su manejo como variables cuantitativas.

Características de la granja

a) *Tamaño*. La cantidad de excretas generadas en una granja está en función directa del “peso vivo” que es la cantidad de animales en una unidad. De las escasas investigaciones realizadas en México sobre los severos problemas ambientales que genera la porcicultura en el estado de Yucatán (Drucker, 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 que partimos de que el tamaño de la granja es determinante en la magnitud de la inversión en sistemas de tratamiento en virtud de 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 totales (SST),³ ya que en las excretas porcinas, la relación entre éstos y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es de aproximadamente tres a uno (Taiganides *et al.*, 1996); el tamaño, a su vez, determina los plazos de cumpli-

² Algunas unidades en zonas urbanas han tenido que cerrar.

³ Las definiciones de los parámetros se encuentran en el anexo 3 del apéndice metodológico.

miento de la norma (como se vio en el cuadro 6, p. 91). Se tomó la estimación de Taiganides *et al.* (1996), para la cantidad de SST que excreta un cerdo de peso promedio (54 kg), en una granja promedio, que son 331 gramos al día, para establecer el tamaño de las granjas en función de las unidades de producción animal (UPA)⁴ y sus fechas de cumplimiento ambiental (cuadro 8)

Cuadro 8
FECHAS DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL SEGÚN CARGA ORGÁNICA

<i>Fecha de cumplimiento</i>	<i>SST Ton/d</i>	<i>Número de UPA</i>	<i>Número aproximado de vientres</i>
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-Semarnat-1996.

Número de UPA y número aproximado de vientres, estimación propia.

Fue imposible tomar directamente la información sobre la cantidad de agua empleada y carga contaminante como variables explicativas de la magnitud de la inversión realizada porque, por increíble que parezca, los productores han establecido sistemas de tratamiento sin conocer la cantidad de agua residual que se genera en la granja y sin haber analizado su calidad, tema al que se volverá en el apartado sobre sistemas de tratamiento.

Las 108 granjas del espacio de estudio a partir de las cuales se calculó la muestra se clasificaron en tres estratos: grandes, medianas y pequeñas de acuerdo con la cantidad de SST generados en un día (cuadro 9).

En el cuadro 9 se puede observar que las siete granjas grandes 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. Las 33 granjas medianas tenían una producción entre 1.2 y 3.0 toneladas de SST/día y hasta el 1 de enero de 2005 para cumplir con la norma. Las 68 granjas pequeñas tenían un plazo de poco más de 10 años para adaptarse a la norma.

El criterio de la autoridad para definir la gradualidad para el cumplimiento ambiental, partía de que en un plazo relativamente corto (en tres años a par-

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

tir de enero de 1997), controlaría 80% de la contaminación generada por “los grandes contaminadores”.

Cuadro 9
CLASIFICACIÓN DE LAS GRANJAS POR TAMAÑO SEGÚN CARGA ORGÁNICA
(ton/día de sólidos suspendidos totales)

<i>Estrato</i>	<i>Granjas</i>	<i>Porcentaje de granjas</i>	<i>UPA (kg)</i>	<i>SST (ton/día)</i>	<i>SST (%)</i>
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 AE, pp. 159-161.

Pero en la región y actividad de estudio, la información de las asociaciones locales de poricultores muestra que la mayor parte de la contaminación –casi 50% de la carga orgánica proveniente del total de las granjas porcinas del cuadro 9– es producida por el grupo de granjas medianas que tienen este año, 2005, para cumplir con la norma. Las granjas grandes que sólo representan 6% del total de granjas y las pequeñas que son 68%, contribuyen en porcentajes similares a la contaminación: 22 y 28%, respectivamente.

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 repercutirían en 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 10 años para ser removida, no obstante que se cuenta con tecnología sencilla y de bajo costo que podría aplicarse desde ahora.

b) *Modalidad*. En el espacio de estudio se encuentran todas las modalidades: de ciclo completo donde conviven todas las etapas del ciclo de vida de los animales; engordadoras, con animales entre 25 y 30 kg hasta 100 kg; lechonerías donde se encuentran animales del destete entre los 25-30 kg; multisitios, donde las diferentes áreas de la granja (reproducción, destete, desarrollo y finaliza-

ción) están a grandes distancias unas de otras por razones sanitarias, y de pie de cría, modalidad que no es representativa en la región de estudio y cuyo único ejemplar no salió en la muestra.

Esta diferenciación es importante porque los distintos tipos de cerdos que se encuentran en una granja generan diferentes tasas de excreción (Taiganides *et al.*, 1996); los lechones y destetes, animales que son alimentados *ad libitum*, excretan proporcionalmente 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, son los más en granjas de ciclo completo y en engordadoras que en granjas lechoneras o de pie de cría.

La modalidad de la granja se consideró como una de las variables explicativas del monto de la inversión en sistemas de tratamiento, planteamiento que se toma de Drucker (1997), quien muestra que el volumen de agua residual generada en las granjas de Yucatán tuvo una alta correlación con su modalidad. 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.

c) *Tecnificación*. En el espacio de estudio también se encuentran todos los niveles de tecnificación; desde las pequeñas unidades rústicas de traspatio, algunas en centros de población, hasta granjas altamente tecnificadas. Entre mayor es el nivel de tecnificación de una granja, más elevada es la inversión en sistemas de tratamiento, porque forman parte integral del sistema productivo. Los indicadores de tecnificación que se consideraron en el estudio fueron: presencia de drenajes entubados en la granja, la automatización de la alimentación y el número de cerdos vendidos por vientre anualmente.

d) *Limpieza*. La cantidad de agua que se emplea en la granja es un dato que por lo general se desconoce; sin embargo, 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 tratarlos biológicamente, requiere más de 40 litros de agua por cerdo al día (1/cerdo/día), aunque en zonas con restricciones de agua, como el espacio de estudio, puede practicarse con 10 o 15, 1/cerdo/día (Taiganides *et al.*, 1996). En contraste, la limpieza con pala (paleo) no requiere agua. Para determinar la importancia del sistema de limpieza en la magnitud de la inversión realizada se consideraron las formas de limpieza en seco (sólo paleo), en líquido (*flushing*, manguera y charcas) y una combinación de ambas.

e) *Alimentación*. El cerdo por ser un animal omnívoro puede recurrir a prácticamente cualquier tipo de alimento pero su calidad de monogástrico lo limita en la digestibilidad de alimentos con contenidos elevados de fibra. Sin embargo, los sistemas de alimentación en la producción porcina moderna en el nivel mundial son muy parecidos y 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 de manera notable 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.

Los sistemas de tratamiento

Las excretas porcinas pueden ser tratadas como un residuo o como un insumo.⁵ Cuando se les considera residuos, 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 tratamientos físicos se encuentran 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 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).

⁵ Este aspecto se trata en el capítulo 4 sobre sustentabilidad.

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, dimensión, 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 se pueden encontrar sistemas de tratamiento que han sido instalados sin que se conozca el volumen de agua residual que se genera en la granja, tampoco se han hecho los análisis de agua residual correspondientes y no se han tomado en cuenta las características que debe tener la descarga para los diferentes cuerpos receptores, de acuerdo con la normatividad vigente.

Debido a que el recurso agua es gratuito para el sector agropecuario, la mayor parte de los poricultores no ha instalado medidores y tiene sólo una idea remota sobre la cantidad de agua que están utilizando y, como consecuencia, de la cantidad de agua residual que se descarga. En general, tampoco conocen la carga contaminante del agua residual pues sólo un reducido número de productores realiza 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 hay 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; 1996 y 1992, Chung Po, 1996), se ob-

⁶ Sin embargo, hay numerosas investigaciones sobre los componentes de nutrición de las excretas porcinas (Íñiguez, Cuarón y Pérez, 1990; Salazar, 1993; Obregón, Barajas y Uriarte, 1994, J. Ku. 1991).

tiene un promedio general de 6.17 kg de heces y orina por UPA por día. Esto equivale a 6.17% de heces y orina del total del peso vivo en granja.

Desafortunadamente, no hay parámetros semejantes para conocer la cantidad de agua residual generada en una granja, ya que ésta depende de numerosos factores, especialmente de la disponibilidad del recurso agua, del clima, de los sistemas de alimentación y limpieza empleados en la granja, etcétera.

El estudio de Drucker (1997) 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 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 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, 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.

Cuerpo receptor

Una variable que puede influir en las inversiones que se efectuaron a partir de 1997, es el tipo de cuerpo receptor de la descarga final porque la norma, como vimos en el capítulo anterior, establece diferentes límites máximos permisibles (LMP) para los parámetros de contaminación de acuerdo con el cuerpo receptor. Hay mayor exigencia cuando se trata de proteger la vida acuática o cuando se descarga a un cuerpo de agua, que cuando se descarga a suelo para riego agrícola y es mucho más costoso cumplir con los LMP en los dos primeros casos.

Por otra parte, la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFDMA) de 1999 clasificó los cuerpos receptores en tres tipos A, B y C, y estableció cuotas diferentes para cada uno de ellos dependiendo del parámetro de contaminación (artículo 278-C). Las leyes (LFDMA) anteriores a la publicación de la NOM-001 establecían 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 por estar descargando directamente al río o a 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 (río, dren de alivio o terreno agrícola, alcantarillado público) como una variable que puede influir en la inversión en sistemas de tratamiento.

Pago de un derecho

Se ha señalado que la mayor parte de los instrumentos económicos empleados en el ámbito mundial son cargos o derechos que acompañan a las normas para que puedan ser efectivas. El 6 de enero de 1997 se publicó 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.

La norma 001 admitió una excepción; no se pagarían derechos aun cuando se rebasaran 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 acciones (*DOF*, 1997).

En este sentido, la internalización del costo ambiental vía pago de derechos fue cero hasta fines de 1999 puesto que la mayor parte de los porcicultores, estimulados por sus organizaciones gremiales⁷ y conscientes de los beneficios que les reportaba, entregaron el mencionado Programa a la Comisión Nacional del Agua, que en muchos casos, no era sino la descripción de la obra hecha y el equipo adquirido 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 estarían obligados a efectuar el pago del derecho más los recargos correspondientes. En esta situación cae la ma-

⁷ El Consejo Mexicano de Porcicultura (CMP) trabajó durante cinco años en la concertación de un convenio con las autoridades para minimizar la repercusión ambiental de las granjas porcinas antes de la NOM-001-ECOL-1996. Posteriormente, concentró su atención en la elaboración y entrega de un Programa de Acción.

oría de los porcicultores del espacio de estudio que entregaron el Programa y se olvidaron del asunto.

Que se haga efectivo el pago del derecho dependerá de la voluntad política y la capacidad administrativa de la CNA, pero las granjas grandes que no cumplieron con los LMP de la norma el 1 de enero del 2000 tendrían que haber pagado un derecho.

Para los fines de este estudio, se calculó el pago del derecho de acuerdo con la metodología que señala la ley para el grupo de granjas (11 de las 33 encuestadas) para las cuales se contó con información sobre la cantidad de agua que utilizan y sobre la calidad de la descarga arrojada en los análisis de agua residual, independientemente del tamaño de la granja.⁸

El monto del derecho dependerá de los niveles de algunos de los 16 contaminantes establecidos en la norma, del volumen de agua utilizado y del tipo de cuerpo receptor. La eficiencia del sistema de tratamiento y del manejo general de la granja determinan, en última instancia, los niveles de los parámetros de contaminación y la cantidad de agua utilizada. El procedimiento de la Ley Federal de Derechos para el cálculo del monto del derecho se presenta en el anexo 2 del apéndice metodológico.

Como señalamos en el capítulo anterior, la internalización del costo ambiental con base en una norma significa que la autoridad federal considera “aceptable” un cierto nivel de contaminación que no amerita un cargo económico, y 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.

Inversión y pago de un derecho

Los porcicultores tendrán que pagar un derecho a pesar de que hayan invertido en un sistema de tratamiento secundario eficiente cuando la granja descargue a: un cuerpo de agua de la nación, porque los LMP de la norma 001 están basados en descargas más diluidas que las de la porcicultura y con un tratamiento secundario se rebasan y un terreno propio y el agua residual se usen para riego

⁸ La falta de recursos y la complejidad de la tarea impidió que se hicieran análisis de agua en todas las granjas encuestadas.

agrícola, puesto que un tratamiento secundario no elimina los coliformes fecales (CF) a los niveles exigidos por la norma, a menos que el poricultor utilice desinfectantes o cloro y asuma los efectos colaterales de estas prácticas. Tampoco las grasas y aceites son removidas por un tratamiento secundario.

En resumen, 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 este 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.

2) Que no se cuente con un sistema de tratamiento y se descargue un efluente "crudo"; la internalización del costo ambiental estará representada por el pago del derecho sobre alguno de los parámetros básicos de la norma: SST, DBO o N. Lo más probable es que sea sobre los SST.

3) Que haya inversión en un sistema de tratamiento secundario que no podrá cumplir con los LMP de contaminantes de la norma para cualquiera de los cuerpos receptores. La internalización del costo ambiental incluirá la inversión en el sistema de tratamiento y el pago del derecho.

PRODUCCIÓN PORCINA Y COSTOS AMBIENTALES EN LA PIEDAD

La información que se presenta en este apartado tiene como fuente los resultados de la encuesta levantada en 33 granjas en el espacio de estudio durante 1999.

Características de la actividad

Modalidad

Los datos de la encuesta muestran la porcicultura de La Piedad como una actividad que no difiere mayormente de lo que es la porcicultura en el 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 de 75-80 por ciento.

Por razones sanitarias, las granjas multisitios, modalidad de práctica relativamente reciente, empiezan a prevalecer sobre las engordas tradicionales y si bien en la muestra no apareció ninguna granja de pie de cría, en La Piedad hay 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.

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 10
MODALIDAD DE LAS GRANJAS REAGRUPADAS

<i>Modalidad</i>	<i>Espacio de estudio</i>		<i>Muestra</i>	
	<i>Núm. de granjas</i>	<i>(%)</i>	<i>Núm. de granjas</i>	<i>(%)</i>
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- 4 del AE, pp. 159-162, Asociaciones Locales de Porcicultores (ALP) de La Piedad y Santa Ana Pacueco.

Debido a su posición geográfica estratégica en una importante zona productora 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 favorables para la producción porcina en relación con las que privan en la Península de Yucatán, La Piedad se ha convertido en los últimos años 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

Escala de producción

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. Para los propósitos de este trabajo se consideran tres escalas de producción, granjas grandes, medianas y pequeñas, que se definen a partir de la carga orgánica medida por los SST como se mostró en el cuadro 8.

Utilizando criterios convencionales como el número de vientres o el inventario porcino, las escalas de producción comprenderían granjas pequeñas, hasta 200 vientres, medianas hasta 600, grandes hasta 1 000 y “megs” de más de 1 000 vientres (cuadro 11).

Cuadro 11
ESCALA DE PRODUCCIÓN

<i>Tamaño</i> <i>(número de vientres)</i>	<i>Espacio de estudio</i>		<i>Encuesta</i>	
	<i>(Núm. granjas)</i>	<i>%</i>	<i>(Núm. granjas)</i>	<i>%</i>
Mega (1 000 y más)	12	16.2	7	29.1
Grandes (600 < de 1 000)	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	

Fuente: Cuadros 1-3 del AE, pp. 159-161, ALP de La Piedad y Santa Pacueco y encuesta.

Comparando 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, aún persiste un numeroso grupo de granjas pequeñas, no de traspatio, que tiene en promedio 95 vientres y que forman parte de la porcicultura organizada (cuadro 12). Para otros países éstas serían medianas, pero en estados como Sonora este tipo de granja es prácticamente inexistente y tiende a desaparecer en Yucatán.

Cuadro 12
ESCALA DE PRODUCCIÓN
(número de vientres)

Tamaño	Espacio de estudio			Encuesta		
	NV	%	NV promedio	NV	%	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

NV: Número de vientres.

Fuente: Cuadros 1-3 del AE, pp. 159-161, ALP de La Piedad y Santa Ana Pacueco.

Concentración de la producción

Con base en la información proporcionada por las ALP de La Piedad y Santa Ana Pacueco, 13 grupos económicos regionales poseen 56 granjas que representan 52% del total de granjas, 67% de vientres y una proporción similar de UPA en el espacio de estudio. En la cúspide de esta pirámide, sólo dos grupos detentan la quinta parte de las granjas y de los vientres en la región (cuadro 13).

Cuadro 13
CONCENTRACIÓN DEL INVENTARIO PORCINO

Grupos	Número de granjas	%	Número de vientres	%	UPA	%
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

UPA: Unidades de producción animal.

* Incluye los grupos 1 y 2.

Fuente: Asociaciones Locales de Porcicultores (cuadro 5 del AE, p. 163).

La tendencia hacia la concentración en la porcicultura es un fenómeno global con graves efectos en el ambiente que han sido documentados por organismos internacionales que señalan que el número de animales por granja ha aumentado, incluso en países donde el total de cerdos ha disminuido (OCDE, 2003).

Los capitales de estos grupos tienen ramificaciones en diversas actividades relacionadas con la porcicultura, especialmente en la producción de alimentos balanceados, medicina veterinaria, rastros y empacadoras y en sectores no relacionadas con la actividad como el comercio y los servicios. Es importante destacar que un buen número de poricultores de la región son también agricultores, lo que brinda la posibilidad de reciclar los residuos de las granjas como abono orgánico en la misma región.

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 que se va a seleccionar en una granja y constituye también la información básica para el cálculo de la internalización del costo ambiental mediante el 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. Como la falta de medidores es generalizada, la cantidad de agua residual generada en la granja se estimó en 82% del agua de abasto calculada por el poricultor, de acuerdo con algunos manuales sobre manejo de residuales porcinos (Taiganides, 1976; Generalitat de Catalunya, 1996).

Aun así, una proporción importante de poricultores, 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 recurso.

Comparando la cantidad de agua residual promedio por tamaño de granja con el inventario 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 dispersión de la información,⁹ estos resultados concuerdan con los obtenidos en el trabajo sobre Yucatán (Drucker, 1997).

Cuadro 14
AGUA RESIDUAL GENERADA POR CERDO

<i>Tamaño granja</i>	<i>AR promedio (m3/día)</i>	<i>Población porcina (cabezas)</i>	<i>AR/cerdo (m3/día/cerdo)</i>
Grande	135.8	16 799	8.1
Mediana	41.2	5 712	7.2
Pequeña	47.2	1 920	24.5

Fuente: Cuadro 6 del AE, p. 164.

Tanto en la región de La Piedad como en el sureste del país, las granjas pequeñas tienen sistemas de limpieza menos eficientes, hay un mayor desperdicio de agua y sobre ellas la autoridad ejerce una menor vigilancia. 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 42% de las granjas genera no más de 10 litros de agua residual al día por cerdo (AR/día/cerdo); 18% de las granjas descarga entre 10 y 20 litros AR/día/cerdo y 16% entre 20 y 40 litros AR/día/cerdo.

Cuadro 15
PROMEDIO DE AGUA RESIDUAL POR CERDO

<i>Granjas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>AR día *cerdo (l/día *cerdo)</i>
13	65	Menos de 10
4	20	Entre 10 y 20
3	15	Más de 20 menos de 40

Fuente: Cuadro 6 del AE, p. 164.

⁹ Las desviaciones estándar son muy grandes: 133.2, 16.8 y 62.7 para granjas grandes, medianas y pequeñas, respectivamente.

Si obtener información sobre la cantidad de agua residual descargada fue difícil, conocer su calidad fue todavía más, ya que se requiere hacer análisis de agua que aporta información sobre la presencia y concentración de ciertos parámetros de contaminación en un momento dado, pero que son costosos.

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

Todas las granjas deberían haber hecho análisis de agua de sus pozos y de sus descargas porque lo establece la Ley Federal de Derechos como una obligación del usuario. Pero como se trata de procesos caros y complicados, sólo 42% de los poricultores analizó en algún momento el agua de sus pozos y 57% el agua residual.

Desde 1991, algunas organizaciones de poricultores hicieron 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 manifestaban 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 cumplen cabalmente con lo establecido por la NOM-001 porque las autoridades de Guanajuato y Michoacán los han 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 (cuadro 15), podemos observar que los hicieron de grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales; algunos analizaron materia flotante y sólidos sedimentables y otros analizaron pH, temperatura, nitrógeno, fósforo y coliformes fecales.

En el espacio de estudio no hay 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 a una temperatura de menos de 4°C a las ciudades de Irapuato o Morelia donde se encuentran los laboratorios con pruebas certificadas por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

Cuadro 16
CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL
(porcicultores)

Núm. folio	Fecha	Hora	Parámetros de laboratorio					SSed mg/l	T °C	N mg/l	P mg/l	CF NMP/10 0 ml
			G y A mg/l	DBO mg/l	SST mg/l	Mat. Flot.	pH					
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	58.58	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.

GyA: grasas y aceites; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; SST: sólidos suspendidos totales Mat. Flot: materia flotante; pH: potencial hidrógeno; SSed: sólidos sedimentables; T: temperatura N: nitrógeno; P: fósforo; CF: coliformes fecales; NMP: número más probable.

Fuente: Información proporcionada por los porcicultores.

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 se panean las excretas empleando un mínimo de agua; las engordas pueden 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 fácil y es diferente para cada granja.

Por último, depende de la buena voluntad del porcicultor para que se puedan 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.

Cuadro 17
CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL (INVESTIGACIÓN)

Muestras	Hoja de custodia	Fecha	Hora	Parámetros básicos						Metales pesados					Coef. fec.
				Tomados in situ			Analizados en laboratorio								
				T	pH	DBO	SST	N	P	G y A	As	Cu	Pb	Zn	
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	
			13:29	25	8										
			17:30	25	8										
			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	953	0.01555	0.32	ND	0.63	1100	
6	6	20	10:34	22	85	20	1 260	77	120	0.02080	1.44	ND	2.62	1100	
					802	020									
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													
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	
			13:40	27	7										
11	15	22	09:15	20	406	322	1 932	37	37	0.02490	0.20	0	0.10	3500	
NOM-001 Uso público y urbano				40	5-10	75	75	40	15						
NOM-001 Uso en riego agrícola				40	5-10	75	75	40	15						

En miligramos por litro, excepto temperatura, pH. Coliformes fecales: número más probable por 100 ml. de AR. GYA: grasas y aceites; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; SST: sólidos suspendidos totales; pH: potencial hidrógeno; T: temperatura N: nitrógeno; P: fósforo; As: Arsénico; Cu: Cobre; Pb: Plomo; Zn: zinc.

Fuente: Investigación y NOM-001.

El cuadro 17 contiene los resultados de los análisis de agua realizados en la investigación. De éste se desprenden 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* (Cuarón, 1989).

3) Todas las granjas rebasan el LMP para coliformes fecales; esto obliga al pago de un derecho por cantidad de agua residual descargada, cuestión que constituye uno de los aspectos más discutibles de la norma.

4) Los análisis de agua de una de las granjas arrojan concentraciones excesivas de DBO y SST; la relación encontrada entre estos parámetros no es la que habitualmente se encuentra en las descargas porcinas, 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 con la Facultad de Química de la UAEM donde se realizaron estas pruebas, se confirmaron los resultados que no dejan de ser atípicos.

En el cuadro 18 se comparan los resultados de los análisis de algunos parámetros básicos y de coliformes fecales hechos por los porcicultores y los obtenidos en esta investigación.

A partir de esta información podemos concluir:

1) Hay notables diferencias entre los resultados de los análisis de agua proporcionados por los porcicultores 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 las diferencias no deberían ser grandes como las registradas aquí. Es sintomático que los resultados de los productores siempre estén por debajo de los resultados de la investigación.

2) Eliminados por la norma la DBO, los SST, el N, el 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 cuyos LMP todas las granjas rebasan. 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 19 se presentan los niveles de los parámetros de contaminación y se comparan con el número de operaciones que incluye el sistema de tratamiento y con el tipo de cuerpo receptor al que descarga la granja.

Cuadro 18
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	1 408	900	7 750	3 411	1 520	757	291	4	235	40	1 100	240
2	1 525	96	3 840	123	861	20	49	s.i.	152	12	s.i.	607
3	2 758	550	7 480	590	448	s.i.	2 226	s.i.	212	57	1 100	s.i.
4	85 802	550	20 020	520	1 260	s.i.	77	s.i.	120	38	1 100	2.2*10
5	580	77	836	290	868	s.i.	64	83	29	9	s.i.	s.i.
6	1 185	56	83	145	294	16	34	s.i.	17	14	1 100	s.i.
7	s.i.	4 669	s.i.	318	s.i.	1427	s.i.	52	s.i.	73	1 100	s.i.
8	5 107	200	390	200	924	3	46	s.i.	20	20	1 100	s.i.

I: investigación; P: porcicultores.

Fuente: Cuadro 7 del AE, p. 165.

Cuadro 19
REMOCIÓN DE CONTAMINANTES Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Granja	Sistema de tratamiento	Descarga final	DBO	SST	N	P	GyA	CF
1	2 op. unit.	Lag. y dren.	406	322	1 932	37	37	3500
2	trat. "completo"	Terr. agrícola	580	836	868	64	29	
3	trat. "completo"	Terr. agrícola	1 185	83	294	34	17	1100
4	sin tratamiento	Arroyo	1 408	7 750	1 520	291	235	1100
5	1 op. unit.	Río	1 225	3 840	861	49	152	s.i.
6	trat. "completo"	Laguna	2 758	7 480	448	2 226	212	1100
7	1 op. unit.	Terr. agrícola	3 497	7 260	1 316	230	105	1100
8	sin tratamiento	Drenaje	3 943	3 410	952	123	983	1100
9	trat. "completo"	Arroyo	5 107	390	924	46	20	1100
10	1 op. unit.	Terr. agrícola	9 960	6 190	1 129	78	161	1100
11	trat. "completo"	Río	85 802	20 020	1 260	77	120	1100

Trat.: tratamiento; op.: operación; lag.: laguna; terr.: terreno; GyA: grasas y aceites; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; SST: sólidos suspendidos totales; N: nitrógeno; P: fósforo; CF: coliformes fecales.

Fuente: Encuesta y análisis de agua.

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 com-

pleto” y una que no lo tiene arroja concentraciones menores de DBO que granjas con tratamientos completos.

Los resultados de los análisis de agua, en apariencia poco lógicos, no pueden atribuirse a que la muestra fue pequeña, sino al hecho de que los sistemas de tratamiento no están bien diseñados y funcionan mal o no lo hacen y con frecuencia se altera la calidad del agua residual diluyéndola.

En la 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 equipo de trabajo de la Facultad de Química de la UNAM que se encargó de tomar las muestras realizó un trabajo bajo norma, lo que no se puede asegurar de empresas particulares que cobran altas tarifas y cuyos 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, porque se trata de una estrategia genérica que no distingue las peculiaridades de cada actividad; segundo, porque se basa en un esfuerzo por parte de la autoridad y de los productores que difícilmente están en disponibilidad o posibilidad de efectuar: la primera (autoridad) porque no cuenta con los recursos humanos y presupuestales para llevarlo a cabo y, los segundos, porque saben que no importa cuánto tiempo y dinero dediquen a mejorar la calidad de la descarga. Esta medida en concentraciones (miligramos por litro de agua residual) nunca va a tener la calidad que los exima del pago de un derecho.

Esta situación es sumamente desalentadora 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.

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 describirán con más detalle esos sistemas.

La mayoría de las granjas de la región fueron construidas hace más de 20 años; en este lapso las granjas han sido ampliadas, remodeladas, parchadas y a veces cerradas, en respuesta a las señales del mercado en momentos determi-

nados. El resultado es que la infraestructura física del espacio de estudio es una mezcla de lo antiguo y lo moderno, lo funcional y lo disfuncional, lo estético y lo antiestético.

En la limpieza de las naves (cuadro 20) se combinan en proporciones iguales métodos que usan el agua en abundancia como son la manguera y las charcas (39%), con métodos de paleo en seco (24%), más una mezcla en seco y líquido (36%). La infraestructura de comederos y bebederos, los sistemas de limpieza, de conducción y de tratamiento de aguas residuales, no reflejan la escasez del agua en la región. 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 20
FORMAS DE LIMPIEZA

<i>Sistema</i>	<i>Total casos</i>	<i>Pequeñas</i>	<i>Medianas</i>	<i>Grandes</i>
Sólo manguera	2 (6.1%)	2 (6.1%)		
Sólo charcas	8 (24.2%)		5 (15.1%)	3 (9.1%)
Charcas y manguera	3 (9.1%)	3 (9.1%)	2 (6.1%)	
En seco (paleo)	8 (24.2%)	8 (24.2%)		
Seco y líquido	12 (36.4%)	7 (21.2%)	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 los sólidos (cuadro 21); las granjas grandes y la mitad de las medianas usan separadores, ya sea de cascada (seis granjas) o de tornillo (una granja), mientras la separación con pala está más difundida entre las granjas pequeñas donde es más fácil esta operación. La mitad de las granjas medianas y una quinta parte de las pequeñas emplean sistemas de limpieza en líquido sin ningún tipo de separación.

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

Cuadro 21
SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

<i>Granjas</i>	<i>No separan (limpieza en líquido)</i>	<i>Separan</i>	
		<i>mecánicamente</i>	<i>manualmente</i>
Grandes		3 (100%)	
Medianas	5 (50%)	5 (50%)	
Pequeñas	7 (35%)	5 (25%)	8 (40%)
Total	12/33 (37%)	13/33 (39%)	8/33 (24%)

Fuente: Encuesta.

Las excretas porcinas y en general los residuos agropecuarios carecen de regulación por parte del gobierno; como no son residuos peligrosos las leyes federales los omiten, las estatales no los incluyen en su definiciones de residuos sólidos y, como no son basura, tampoco se consideran en los reglamentos municipales.

Una revisión de 35 reglamentos municipales¹⁰ mostró que sólo 17 municipios tenían reglamentos de protección ambiental; en cinco de ellos (León, Celaya, Tepatitlán, Culiacán y Mérida), hay unidades ganaderas intensivas importantes, particularmente granjas porcinas, pero sólo los reglamentos de Celaya, Culiacán y Tepatitlán contienen algunas disposiciones sobre los residuos ganaderos, señalando que deben ser tratados de manera que no provoquen contaminación.

Los municipios que forman parte del espacio de estudio, La Piedad y Numarán en Michoacán y Pénjamo en Guanajuato, no tienen reglamentos ecológicos; los residuos sólidos de las granjas porcinas –excretas y otro tipo de basura–, se acumulan en las orillas de los caminos, en el dren de alivio y en las márgenes 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 los residuos que se generan en las áreas rurales.

Los sistemas de manejo y tratamiento residuales comprenden seis operaciones básicas: producción, colección, almacenamiento, tratamiento, transfe-

¹⁰No se encontraron más en una búsqueda que incluyó el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, la Dirección de Legalidad Ambiental de la Semarnat y la Secretaría de Gobernación.

rencia y utilización o reciclaje (Midwest Plan Service, 1985; 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. Las deficiencias en la infraestructura de las granjas ocasionan que formen 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 éstos son a cielo abierto (42% de las granjas del espacio de estudio), que se acumula en las áreas abiertas y el agua de lluvia cuando no existen drenajes pluviales (85% de los casos en el espacio de estudio).

Esta deficiente infraestructura, sumada a un mal manejo de la basura en la granja, provocan que se deba almacenar, coleccionar y tratar un volumen de agua residual mucho mayor que el estrictamente necesario cuando estas condiciones son mejores.

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. Sin embargo, no todos los sistemas de tratamiento requieren de esta instalación; 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.

En la muestra levantada, la mitad de las granjas medianas y la cuarta parte de las pequeñas contaban con esta instalación, aunque para este tipo de granjas sería más recomendable instalar un biodigestor ya sea de concreto o de plástico.

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

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

- a) Una operación unitaria.
- b) Dos operaciones unitarias (distintas combinaciones de recolección, almacenamiento, separación y tratamiento).
- c) Tratamiento "completo" cuando hay tres procesos, por ejemplo, recolección en un cárcamo, separación manual o mecánica y almacenamiento y tratamiento en una laguna.

- d) Sólo laguna.
e) Sin tratamiento.

De acuerdo con la información obtenida de la encuesta, sólo 9% de las granjas en el espacio de estudio carecen por completo de operaciones unitarias de tratamiento; 73% cuenta con un mínimo de dos operaciones unitarias y poco menos de 50% tienen un sistema de tratamiento “completo” (cuadro 22).

Cuadro 22
CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

<i>Procesos</i>	<i>Tamaño de la granja</i>						<i>Total</i>	
	<i>Pequeña</i>		<i>Mediana</i>		<i>Grande</i>			
	<i>Núm.</i>	<i>%</i>	<i>Núm.</i>	<i>%</i>	<i>Núm.</i>	<i>%</i>		
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.

Información obtenida de la Gerencia de la CNA en Guanajuato (que no fue posible obtener en Michoacán) muestra que en el municipio de Pénjamo 17% de las granjas descargan agua residual sin tratamiento mientras que en el espacio de estudio sólo 9% estaba en esa situación. 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 es el núcleo que forman, sólo la colonia Santa Ana Pacueco del municipio de Pénjamo y La Piedad en Michoacán.

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

Un dato importante para la instalación de un sistema de tratamiento es el tipo de cuerpo receptor; en el espacio de estudio 51% de las granjas descargan a terreno agrícola, 33% a un cuerpo de agua que es bien nacional, 12% a una laguna de descarga “cero” y 3% al alcantarillado público. De acuerdo con el tipo de

cuerpo receptor, los LMP para los contaminantes cambian y también lo hace la norma que regula la descarga. Por ejemplo, la granja que descargaba al alcantarillado público deberá cumplir con la NOM-002-Semarnat-1997, cuyos LMP, por cierto, son más laxos que los de la NOM-001. Al cruzar las variables sistema de tratamiento y cuerpo receptor, encontramos que la totalidad de las granjas que no tenían sistema de tratamiento descargaban a cuerpos de agua propiedad de la nación: río Lerma, Cañada de Ramírez, el dren de alivio y los arroyos que convergen al Lerma (cuadro 23); independientemente de sus fechas de cumplimiento ambiental, estas granjas deberían estar sometidas a mayor vigilancia por parte de la autoridad por el daño que causan al cuerpo de agua.

Cuadro 23
SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DESCARGA FINAL

<i>Sistema de tratamiento</i>	<i>Terreno agrícola (%)</i>	<i>Alcantarillado</i>	<i>Cuerpo de agua (%)</i>	<i>Laguna de descarga "cero"</i>	<i>Total (%)</i>
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 granjas	17 (51.5)	1 (3.0)	11 (33.3)	4 (12.1)	33 (100.0)

Fuente: Encuesta.

Otro dato extraño, que hace suponer que la norma no ha sido bien interpretada por los poricultores, 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, puesto 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 con frecuencia la presencia de coliformes fecales en la mayor parte de los recursos hídricos del país, lo que indica que hay muchos otros patógenos. La preocupación razonable de la CNA al respecto se tradujo en la imposición de un LMP para este patógeno de 1 000 como número más probable (NMP) por 100 ml de agua residual.

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 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 1997,¹¹ porque si la aplicación de agua residual al terreno agrícola se hace por rodeo o infiltración, la probabilidad de que los patógenos se dispersen en el ambiente son mínimas.

La solución que propone la autoridad —agregar cloro— 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, produciendo trihalometanos que son agentes cancerígenos (Rivas, 1997).

Ningún sistema de tratamiento puede abatir los coliformes fecales a los límites que exige la norma y cuando se usan desinfectantes, además de que se incrementa el costo del tratamiento se obstaculiza el funcionamiento de los procesos biológicos en las lagunas, porque las 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. No se encontraron granjas que utilizaran productos químicos o sistemas de tratamiento más sofisticados y caros como son los terciarios.

Tampoco se encontró equipo de uso frecuente en otros países como son los aireadores y clarificadores; plantas de evaporación de líquidos para estabilización del pH, sistemas de lodos activados o los llamados sistemas de descontaminación productiva, integrados por biodigestores de plástico de flujo continuo¹² 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, los sistemas de tratamiento “completos” remueven menos de 80% de la carga orgánica, tarea que podría realizar una sola laguna si estuviera bien diseñada (Moser, 1995 y 1997). La respuesta más sencilla es atribuir este problema a un mal diseño del

¹¹ Cocoyoc, Morelos en 1995 y Galindo, Querétaro en 1997.

¹² Desarrollados por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia.

sistema; no obstante, pueden influir otros factores, un defectuoso manejo de los componentes, descomposturas del equipo, etcétera.

Comparado el volumen de algunas de las lagunas de las granjas de la región con el estimado por el programa de cómputo PigMex, que calcula un tamaño de laguna ideal para una granja promedio en tres regiones geográficas del país, se puede observar que las lagunas del espacio de estudio tienen una capacidad menor que la propuesta por el programa PigMex que oscila entre -1.6 y -75%, aunque también hay lagunas sobredimensionadas (cuadro 10 del AE, p. 168).

El porcicultor ha construido lagunas y adquirido equipo –que a veces no utiliza– porque lo ha presionado la autoridad, pero lo hace sin convencimiento y sin un soporte técnico adecuado. Invierte en equipo y en construcciones para tratamiento, “internaliza” por lo menos parte del costo ambiental, pero no logra cumplir con la normatividad y lo que es todavía más grave, no mejora la calidad del ambiente y, en consecuencia, tampoco la calidad de vida de los lagareños.

Estimación del costo ambiental

Inversión en sistemas de tratamiento

Fue muy difícil conseguir información sobre el costo actual de la infraestructura y del equipo de tratamiento que hay en la granja, porque se trata, por lo general, de construcciones hechas hace mucho tiempo, en ocasiones por el mismo porcicultor y asignarles un valor en ese momento, cuando en la mayoría de los casos ya se han depreciado, resultó complicado.

El criterio adoptado en este tema fue aceptar las cifras que estimaron los propios porcicultores, quienes hicieron consideraciones sobre el tiempo de uso de las instalaciones y el equipo, y los precios que rigen actualmente en el mercado.

Aun así la información fue limitada; de las 33 granjas de la muestra se eliminaron seis, tres por carecer de tratamiento (una mediana y dos pequeñas) y las otras (una grande y dos pequeñas) porque no proporcionaron información.

La inversión total en sistemas de tratamiento incluyó el valor de 11 conceptos: cárcamo, fosa, lagunas, cercas, digestores, decantadores, otro tipo de infraestructura, bombas de aguas residuales, bombas de lodos, separadores y otros equipos; se eliminó el valor de la red de conducción hacia el sistema de tratamiento porque a 10 productores, casi la tercera parte de la muestra, les fue imposible estimar su valor actual.

En relación con la inversión en sistemas de tratamiento por unidad de producción animal (UPA) en las granjas grandes, la inversión en las medianas representaría 11% más y en las pequeñas 38% (cuadro 24), resultado que era de esperarse, porque las economías de escala favorecen a unidades grandes, premisa teórica que se ha comprobado empíricamente en otras investigaciones sobre el tema (Drucker *et al.*, 1997).

Es cierto que las granjas pequeñas disponen de un plazo mayor para el cumplimiento ambiental, pero la realidad es que muchas de ellas ya han hecho inversiones con cargo a su competitividad; este efecto regresivo es otra de las desventajas de una norma genérica cuando se aplica a una actividad con características específicas como la porcicultura.

Cuadro 24
INVERSIÓN EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO
(pesos)

Tamaño granja	Inversión total en sistemas de tratamiento			%	% ¹
	Total	Promedio	Por UPA		
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.

ITSE inversión total en sistema de tratamiento; UPA: unidad de producción animal (100 kg de peso vivo).

Fuente: Cuadro 10 del AE.

Porque operan economías de escala, se observa que a mayor tamaño de la granja el sistema de tratamiento instalado es más “completo” con dos y tres operaciones unitarias (cuadro 25); sin embargo, como se mostró en el cuadro 19 la calidad del agua residual descargada no corresponde a la infraestructura de tratamiento en operación.

Como proporción de la inversión total realizada en la granja, la que se hace en sistemas de tratamiento representa un porcentaje reducido, entre 1.5 y 2.3% en las granjas grandes; 0.8 y 9.1% en las granjas medianas y 0.1 y 11.8% en las pequeñas. En promedio, la inversión en sistemas de tratamiento representa sólo 2.1% de la inversión total en granja (cuadro 26).

Cuadro 25
SISTEMAS DE TRATAMIENTO POR TAMAÑO DE GRANJA

	<i>Grande</i>	<i>Mediana</i>	<i>Pequeña</i>
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.

Cuadro 26
INVERSIÓN EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO RESPECTO
DE LA INVERSIÓN TOTAL EN GRANJA
(porcientos)

<i>Granja</i> <i>núm. de folio</i>	<i>Grandes</i> <i>(%)</i>	<i>Granja</i> <i>núm. de folio</i>	<i>Medianas</i> <i>(%)</i>	<i>Granja</i> <i>núm. de folio</i>	<i>Pequeñas</i> <i>(%)</i>
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 8 del AE, p. 166.

Pago de derechos

El artículo 278 de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (CNA, 1999) establece 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, en función del tipo de cuerpo receptor, el volumen de agua descargada y los contaminantes vertidos que rebasen los LMP establecidos en la misma ley.

Para tal fin, el artículo 278-A clasifica los cuerpos propiedad de la nación en tres categorías: A, “todos los que no se señalan como tipos B o C”; B, “todos los Estuarios y Humedales Naturales” y todos los “Embalses Naturales o Artificiales, con excepción de los que se clasifican como tipo C” (Ley Federal de Derechos en Materia de Agua). 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, 1999).

El procedimiento para el cálculo del derecho se establece en el artículo 278-B donde se incluye una tabla que también clasifica los cuerpos receptores para el pago del derecho; en esta tabla, por ejemplo, se señala que los ríos con uso en riego agrícola se clasifican como cuerpo receptor tipo A, pero el Lerma, según el artículo 278-A en los tramos del espacio de estudio se considera B.

Autoridades de la CNA en Guanajuato aclararon que el Lerma en los tramos mencionados se considera cuerpo receptor A de acuerdo con la tabla 1 de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, por lo tanto, la estimación del derecho (cuadro 27), con base en las muestras de agua tomadas (en día y hora determinados), se hizo sobre coliformes fecales para las granjas que descargan a suelo con uso agrícola y sobre SST, DBO y N para las que lo hacen a cuerpo receptor de la nación, porque estos fueron los parámetros que rebasaron los LMP de la norma en mayor cuantía. En cualquier otro momento, los parámetros en función de los cuales se estime el monto del derecho pueden ser completamente diferentes.

En la muestra hay tres granjas a las cuales no se les tomó muestra de agua porque tienen lagunas de descarga cero; en algún momento, tendrán que demostrar a la CNA que sus lagunas no tienen filtraciones y por lo tanto no contaminan el manto freático, o que éste es lo suficientemente profundo como para que el suelo actúe como filtro. Sin embargo, los especialistas sostienen que sin importar la profundidad del manto freático, en algún momento los contaminantes lo alcanzarán; es cuestión de tiempo. En todo caso, estas granjas tienen mucho menos problemas con la autoridad que las demás, sin que por ello dejen de ser un foco rojo para los cuerpos de agua.

Hay otras tres granjas que a veces descargan en terreno agrícola y otras lo hacen en 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 con número de folio 39 es pequeña, usa poca agua y por eso cuando descarga a terreno agrícola paga una cantidad reducida por coliformes fecales; pero en cambio, porque usa poca agua y por-

que sólo tiene una operación unitaria, su descarga es muy concentrada y su pago por SST es muy elevado.

Cuadro 27
PAGO DE DERECHOS POR TIPO DE CUERPO RECEPTOR
(pesos/trimestre)

Núm. folio	Cuerpo receptor	Sistema de tratamiento	Parámetros y pago de derechos			
			LFDMA	\$	LFDMA	\$
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
3* 39	Terreno agrícola	1 operación unitaria	CF	521	SST	10 512
3* 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		

s/p: granjas que no pagan derechos por tener descarga cero.

* Granjas que eventualmente descargan a cuerpo receptor nacional.

Fuente: Encuesta.

El conjunto de elementos que intervienen en el cálculo del pago del derecho son tantos que es imposible 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 sobre otros parámetros, éste no tiene sentido si el riego con agua residual se aplica bajo normas científicas, aspecto que la autoridad debería verificar, además de otor-

gar las facilidades necesarias para que el agua residual se transfiera del productor pecuario al agrícola bajo condiciones que no cause 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 28).

Cuadro 28
INVERSIÓN INICIAL EN LAGUNA DE DESCARGA “CERO”
(pesos)

<i>Folio</i>	<i>Tamaño granja</i>	<i>Sistema de tratamiento</i>	<i>I_{ST} + C_O</i>	<i>I_{ST} + C_O / UPA</i>
3	Grande	TC	1 183 714	67.08
6	Mediana	TC	284 280	90.97
18	Mediana	2 OP. UNIT.	186 300	56.66

TC: tratamiento completo; OP. UNIT.: operaciones unitarias.

Fuente: Encuesta.

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 los SST o la DBO, que son los parámetros básicos que rebasan más veces el LMP de la norma en las granjas porcinas (cuadro 29).

Cuadro 29
PAGO ANUAL DE DERECHOS POR 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

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; Pro: pago total de derechos; UPA: unidad de producción animal.

Fuente: Encuesta.

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.

Se observa en el cuadro 30 que una de las granjas tendría un costo ambiental anormalmente alto por concepto de pago de derechos; se trata de la granja atípica cuyos análisis de agua presentaron concentraciones muy elevadas de DBO y SST. Una situación de este tipo no es representativa del agua residual porcina.

Eliminando ésta, 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 31 muestra la reducción en el costo anual ambiental si todas las granjas descargaran a terreno agrícola.

Cuadro 30
COSTO AMBIENTAL ANUAL: DEPRECIACIÓN, COSTO DE OPERACIÓN
Y PAGO PARCIAL DE DERECHOS
(pesos)

<i>Folio</i>	<i>TG</i>	<i>Depreciación</i>	<i>Costo de operación</i>	<i>Pago anual de derechos</i>	<i>Costo anual ambiental</i>	<i>Costo anual ambiental/ UPA</i>
4	M	7 850	1 700	23 940	33 490	8.39*
5	G	59 433	s/i	10 324	69 757	11.30
11	M	19 711	s/i	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*

* Pago sobre cuerpo receptor; granjas que eventualmente descargan a terreno agrícola.

s/i: Sin información.

Fuente: Encuesta.

Cuadro 31
COMPARACIÓN COSTO ANUAL AMBIENTAL CUERPO DE AGUA Y SUELO
(pesos)

<i>Folio</i>	<i>TG</i>	<i>Sistema de tratamiento</i>	<i>Cuerpo de agua CAA/UPA</i>	<i>Suelo CAA/UPA</i>
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

* Descargan en terreno agrícola eventualmente.

CAA/UPA: costo ambiental anual por unidad de producción animal.

Fuente: Encuesta.

RECICLAJE

La forma más razonable de manejar el agua residual y las excretas de las granjas porcinas es reciclándolas como insumos para las actividades agropecuarias, previo tratamiento, cuyo objetivo puede ser maximizar la recuperación de nutrientes o bien maximizar su reducción.

Para lograr el primer objetivo se emplean digestores de metano que producen energía y un lodo digerido que se utiliza como fertilizante; separadores de sólidos y líquidos para la selección de nutrientes mediante 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, 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 biogás, de fertilizante orgánico y de alimento animal.

Producción de biogás

El biogás es una mezcla de metano (40-50%), 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 metano es el que le da características combustibles al biogás; el valor energético del biogás dependerá de la concentración de metano¹³ y 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

¹³ Alrededor de 20-25 MJ/m³ en comparación con 33-38 MJ/m³ para el gas natural.

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 experimentalmente que alrededor de 85% de los patógenos no sobreviven al proceso de biodigestión (Zapata, 1998).

Entre las desventajas que se pueden observar en la utilización de biodigestores, es que en explotaciones de gran escala, el manejo eficiente de los digestores es una operación compleja, cara e incluso peligrosa y sólo es redituable en países donde el precio de los combustibles es relativamente alto.¹⁴

Las bondades del empleo de biodigestores plásticos de flujo continuo de muy bajo costo, de inspiración taiwanesa, en granjas pequeñas, han quedado demostradas en países como Colombia y Cuba donde se emplean en forma más amplia que en México donde prácticamente no se conocen.

Alimento animal

Hay dos enfoques diferentes respecto del empleo de los residuos ganaderos en la alimentación animal: el europeo y el americano. En Europa hay 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) el bajo valor nutritivo de las excretas, con excepción de la pollinaza, sobre todo en explotaciones semiintensivas donde el forraje empleado con frecuencia no tiene la calidad necesaria (De Witt *et al.*, 1997; Steinfeld *et al.*, 1997).

En América Latina y en EU prevalece el siguiente planteamiento: la alimentación animal con excretas procesadas no afecta las ganancias de peso si las raciones contienen las cantidades requeridas de nutriente, particularmente energía. Para algunos especialistas (Sutton, 1995), el empleo de los nutrientes contenidos en las excretas como forraje para los rumiantes, la especie más apropiada por su habilidad para utilizar la fibra y los componentes de nitrógeno no proteico, es el uso más valioso que puede darse a este recurso.

¹⁴Por ejemplo, en EU el precio del metro cúbico de biogás en 1997 fue de 0.19 dólares (De Witt *et al.*, 1998); en México, el gas licuado en ese año costó 0.189 dólares.

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 regiones de México.

Los residuales de la granja se pueden aplicar en seco, en líquido y en las diferentes proporciones de seco y líquido. Cuando la limpieza de la granja se realiza en seco, las excretas se acumulan generalmente fuera de la granja (véanse Sistemas de tratamiento y niveles de remoción) para aplicarlas en determinado momento del ciclo de crecimiento de la planta. Cuando se emplea agua para limpiar los corrales, es necesario construir lagunas para almacenar el agua residual durante la temporada en que no es posible aplicarla a la agricultura; en estos casos, la separación de sólidos previa al almacenamiento en la laguna, puede reducir sus dimensiones hasta en 50 por ciento.

Hay una vasta literatura impresa y en las páginas electrónicas de las asociaciones de poricultores en EU (*National Pork Producers Council*), Canadá (*Canadian Pork Council*), del Departamento de Agricultura de EU (USDA) y de algunas universidades estadounidenses (Ohio State University, 1992) 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 Estados Unidos, donde la descarga a cuerpos de agua está prohibida y el poricultor 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 el periodo 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 o 20 años, es costosa y genera un problema ambiental de distinto tipo que es la disposición de los lodos resultantes.

Según la encuesta levantada, en las granjas del espacio de estudio el reciclaje de excretas y aguas residuales porcinas presenta algunos rasgos peculia-

res; 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 estacional de excretas en la región.

En La Piedad, 82% de los productores practican alguna forma de reciclaje de residuales; 57% emplea agua residual en riego agrícola, 42% usa las excretas como fertilizante en la agricultura y 36% en la alimentación animal; 30% aprovecha 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; 18% recicla sólidos y líquidos en la agricultura y excretas en la ganadería (cuadro 32).

Cuadro 32
RECICLAJE DE RESIDUALES

<i>Fertilizante</i>	<i>Núm. de granjas</i>	<i>%</i>
Sólo sólidos	14	42.4
Sólo líquidos	19	57.6
Sólidos y líquidos	10	30.3
VENDEN SÓLIDOS PARA FERTILIZAR	10	30.3
REGALAN SÓLIDOS	7	21.2
TRASPASAN AGUA RESIDUAL (AR)	5	15.2
ALIMENTAN GANADO	12	36.3
RIEGAN Y ALIMENTAN GANADO	11	33.3
USAN SÓLIDOS, AR Y ALIMENTAN GANADO	6	18.2
PRODUCEN biogás	1	3.0
LAVAN CORRALES CON AR	0	0.0
TOTAL GRANJAS	33	

Fuente: Encuesta.

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 los municipios de La Piedad y Numarán, donde los suelos son arcillosos y de menor calidad.

El elevado porcentaje de porcicultores que emplea los residuales en la agricultura, que es una de las formas de reciclaje que la normatividad am-

biental en cierta forma está tratando de fomentar, parece ser alentador; sin embargo, cuando se examinan los datos con mayor detenimiento se perciben situaciones anómalas y preocupantes.

Porque se sabe que la normatividad permite 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 que esté integrado a la granja o fuera de ella. De las unidades 70% posee terreno agrícola, pero 56% tiene menos de 10 hectáreas, extensión insuficiente para reciclar los residuales generados en la granja.

De acuerdo con el programa PigMex, una granja en el centro del país que tenga 1 000 vientres, que emplee aproximadamente 10 litros de agua por cerdo y que cuente con una laguna donde se remueva entre 50 y 70% de la materia orgánica, necesitará 37 hectáreas para regar una combinación de cereal (preferentemente maíz o sorgo) con otros cultivos en dos ciclos agrícolas al año o 27 hectáreas si se levantan dos cosechas de cereales anualmente.

Lo anterior plantea un problema muy importante de aplicación excesiva de nutrientes al suelo en treSuponiendo 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 31% de las granjas cumplen con esta proporción.

s cuartas partes de las granjas que reciclan agua residual y excretas en la agricultura, situación que se agrava cuando no hay lagunas que remuevan los contaminantes, cuando éstas no tienen las dimensiones adecuadas, no se limpian con la frecuencia necesaria (36% de las granjas jamás han sacado lodos de sus lagunas y 9% de sus fosas) y el nivel del manto freático es elevado.¹⁵

En todos los casos el riego con agua residual se realiza por rodeo y las combinaciones más frecuentes de cultivos en la región incluyen sorgo en el ciclo de primavera-verano (PV) y trigo en 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 por ciento).

Los porcicultores que no emplean agua residual en riego agrícola es por carecer de terreno o el que tienen es insuficiente o por falta 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; 30% de los porcicultores encuestados comentaron que desde hace muchos años, durante los meses de estiaje, venden parte de la

¹⁵ En las granjas encuestadas la profundidad del manto freático se encontró entre 20 y 210 metros.

cerdaza a los productores de aguacate de la zona de Uruapan, producto que se comercializa sin ningún tratamiento, se transporta con un alto contenido de humedad y 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%) prefieren regalarla que venderla. Una línea de investigación agronómica importante sería la transformación de esa cerdaza en una composta con mayor valor agregado y equilibrada en los nutrientes que requieren el aguacate y otros cultivos.

De los productores 36% emplean la cerdaza para la alimentación de rumiantes, mayormente bovinos (50%) aunque también lo hacen en ovinos (16%); a pesar de que sustituyen entre 20 y 40% el grano en la dieta de los rumiantes, sólo 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 biogás que no se utilizaba en la granja. La producción y utilización de biogás no ha sido atractiva porque la región 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 y la perspectiva de privatizar esta industria, deben llevar a un replanteamiento serio acerca de la sustitución, parcial o total, de estas fuentes de calor por biogás.

CONCLUSIONES

En este capítulo se analizó 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. Principales conclusiones:

1) 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 la internalización.

2) Sin embargo, se detectaron algunas características que pueden ser generalizables hacia otras granjas y otras regiones:

- a] la 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 derechos sin considerar la depreciación del sistema 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 en la granja mediana que en la pequeña;
- e] por las características de la norma, el costo ambiental es menor cuando se descarga a un 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 efecto de las descargas de los “contaminadores menores”.

3) De acuerdo con la información de las Asociaciones Locales de Porcicultores de La Piedad y Santa Ana Pacueco, las granjas medianas generan 50% de la contaminación medida como producción de sólidos suspendidos totales, contaminante crítico en la región (Hansen, 1998), le siguen las pequeñas con 28% del total y por último, las grandes con 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. El conjunto de granjas que, como grupo, tienen una gran repercusión en la contaminación están incumpliendo su responsabilidad en este tema.

4) 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.

5) La norma es una estrategia ambiental aislada; no incluye ninguna medida que ayude a su cumplimiento. Cuando las regulaciones tienen éxito, es

porque van acompañadas de investigación y difusión de tecnologías, capacitación de los productores y financiamiento.

6) En el espacio de estudio se ha internalizado el costo ambiental de manera poco eficiente. Las tecnologías empleadas, sin ser sofisticadas, son costosas y en términos generales, no han sido aplicadas adecuadamente.

7) El reciclaje de residuos está difundido pero no generalizado. Tampoco se realiza con un sustento técnico. A las recomendaciones sobre fertilizantes que hacen los campos del Inifap o las empresas que comercializan los fertilizantes químicos, el productor agrega 20-25% y a esta sobredosis se le añade el abono orgánico. Salvo casos excepcionales (en la encuesta, una granja), no se está sustituyendo fertilizante inorgánico por orgánico porque no hay recomendaciones técnicas sobre su empleo. Cálculos hechos por especialistas han mostrado una acumulación de nutrientes en el suelo.

8) 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 efecto en modelos estadísticos como el que se aplicó en este trabajo, que suponen relaciones lineales entre las variables.

APÉNDICE METODOLÓGICO

ANEXO 1. EL MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

La información del presente capítulo se obtuvo del trabajo de campo en el espacio de estudio que incluyó las siguientes actividades:

- a) Obtención de la información para el muestreo en las Asociaciones Locales de Porcicultores (ALP) de La Piedad y Santa Ana Pacueco.
- 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.
- d) Toma de muestras de agua residual y análisis de los parámetros de contaminación más significativos en 11 granjas localizadas en la región.

i] Fuentes de información

La información para el cálculo de la muestra, número y estructura de la pira en las 108 granjas registradas en febrero de 1999, fue proporcionada por las ALP de la Piedad y Santa Ana Pacueco.

ii] Selección y cálculo del tamaño de la muestra

a) Universo de estudio

Delimitado geográficamente por los tramos 19, 20 y 21 del río Lerma que se inician aguas arriba de La Piedad de Cabadas y terminan en el Salto, Michoacán.¹⁶ En éste se incluyen los municipios de La Piedad y parte de Numarán en Michoacán y Santa Ana Pacueco, colonia del municipio de Pénjamo en Guanajuato.

¹⁶Declaratoria 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.

b) 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. El VII Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal de 1991 captura información sobre el número de unidades de producción con ganado porcino, según edad y función zootécnica en el municipio; información inútil porque tenía 10 años obsoleta al inicio del trabajo de campo y la unidad geográfica municipal no coincide con el espacio de estudio.

El marco de muestreo está integrado por 108 granjas, 52 en La Piedad, Michoacán y 56 en Santa Ana Pacueco, Guanajuato (cuadro 1 del AE, p. 160). No se sabe con exactitud qué porcentaje de la producción porcina del espacio de estudio está representada en las Asociaciones; sin embargo, sus presidentes consideran que más de 85% de las granjas porcinas pertenecen a estas agrupaciones para la obtención de la emisión de guías sanitarias enfocadas a la movilización de animales. En las Asociaciones están registradas granjas muy pequeñas, pero excluyeron del marco de muestreo las unidades conocidas como porcicultura de "traspatio" que no están integradas a ninguna organización.

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

c) Diseño de muestreo

La muestra se calculó mediante muestreo aleatorio estratificado por asignación con la fórmula:

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

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.

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

CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Muestreo aleatorio estratificado por asignación óptima

DATOS	Raíz c_i				
c_1	115	10.724	$A = \text{suma } N_i s_i \cdot \text{raíz } c_i =$	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		$B = \text{suma } N_i s_i^2 \cdot \text{raíz } c_i =$	518.335	AB - 2336.27
N_1	7			$N_1 s_1^2 \cdot rc_1$	78.295
N_2	33			$N_2 s_2^2 \cdot rc_2$	181.897
N_3	68			$N_3 s_3^2 \cdot rc_3$	258.143
N	108				
s_1^2	1.088		$C = N^2 D + \text{suma } N_i s_i^2$	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		$b = 10\% \quad \mu = 0.137$	$n_2 = 12.6$	
$N_2 s_2^2$	8.718468		$D = b^2 / 4 = 0.005$	$n_3 = 17.9$	
$N_3 s_3^2$	8.521488				
$\text{sum} N_i s_i^2$	24.8549				
N^2	8649				
μ	1.365				

S: desviación estándar; N: total granjas; N_1 : granjas grandes; N_2 : granjas medianas; N_3 : granjas pequeñas; n_1 : muestra granjas grandes; n_2 : muestra granjas medianas; n_3 : muestra granjas pequeñas; c_i : costos asociados; al levantamiento de la encuesta.

MUESTRA CALCULADA PARA CADA ESTRATO

Estrato	Núm. 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

SST: sólidos suspendidos totales.

Fuente: Cuadros 1, 2 y 3 del AE, pp. 159-161.

El tamaño de muestra fue de 35 granjas, cinco grandes (71%), 13 medianas (39%) y 17 pequeñas (25%), que se seleccionaron de manera aleatoria del listado de granjas proporcionado por la ALP.

iii] El cuestionario

Se recabó información sobre los siguientes temas: realización de análisis de agua de pozos y residual, características y valor de la infraestructura y equipo de tratamiento, manejo de excretas y aguas residuales con especial hincapié 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.

Por lo diverso de la información fue necesaria la participación no sólo del dueño sino del médico veterinario, el contador y en algunos casos, del ingeniero encargado de la construcción de las instalaciones para el tratamiento. La información más difícil de obtener fue la relativa a los costos que a veces se desconocía y otras, simplemente se negaba. Dos de los porcicultores que salieron en la muestra se negaron a participar en la encuesta y tres contestaron sólo parcialmente el cuestionario.

iv] Levantamiento de la 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 mismo 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) —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, Jalisco, y se sospechaba que también hubieran ocurrido en Santa Ana Pacueco, dato que posteriormente se confirmó.

La presencia de la enfermedad en una zona donde ya no se estaba vacunando, lo cambiante de la actividad y en varios casos, la escasa precisión de los productores para ofrecer información sobre la estructura de sus inventarios, ocasionó que la proporcionada por los porcicultores durante el trabajo de campo no coincidiera con 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 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 cubrió 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 requieren 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 donde lo hará. 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, no fue posible localizar a cinco poricultores.

Sólo se tomaron muestras de agua residual en 11 de las 20 granjas donde estaba programado hacerlo y con ello se cubrió 33% del total de las granjas encuestadas, 33% de las grandes, 40% de las medianas y 30% de las pequeñas.

MUESTRA DE AGUA POR TAMAÑO DE GRANJA

	<i>Programado</i>				<i>Realizado</i>			
	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>Total</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>Total</i>
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

G: grande, M: mediana, P: pequeña.

Fuente: Cuadros 4, 9 y 10 del AE, pp. 162, 167-168, respectivamente.

Se tomaron muestras de agua en 33.3% de las granjas que tenían un tratamiento “completo”, en 33.3% de las que tenían una sola operación unitaria, en 22.2% de unidades con dos operaciones unitarias y en 66.7% de las granjas que no tenían sistema de tratamiento (cuadro 5 del AE p. 163).

Por restricciones de presupuesto sólo se analizaron¹⁷ 13 parámetros, siete básicos: potencial hidrógeno, temperatura, grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total y fósforo total. Cuatro metales pesados: arsénico, cobre, plomo y zinc y un patógeno: coliformes fecales.

Por su repercusión 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 de la investigación y 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 puede exigir un pago por presentarse en magnitudes que rebasen los LMP.

En el siguiente cuadro 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 citado programa de cómputo PigMex y en el estudio sobre porcicultura y medio ambiente en el estado de Yucatán (Drucker, 1997). En el anexo 2 de este apéndice se incluyen las definiciones de los parámetros que se analizaron en este trabajo.

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 análisis de metales pesados en el Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal de la Sagarpa en Jiutepec, Morelos y los análisis de coliformes fecales en el Laboratorio de Diagnóstico del Subcomité Pecuuario de La Piedad, Michoacán. Los resultados se encuentran en el cuadro 6 del AE, p. 164.

¹⁷ Análisis que se realizaron de acuerdo con el APHA, AWWA, WPCF, 1995. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" EU ("Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales").

PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN

Parámetros	NOM-001	Ley Federal de Desechos	Declaratoria Río Lerma	Pigmex	Estudio FMVZ, UADY	Estudio 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

FMVZ, UADY: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. IIEC, UNAM: Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

v] Muestras calculadas y levantadas

1) El número de granjas que se obtuvo en el cálculo del tamaño de la muestra y el que finalmente pudo ser encuestado fue prácticamente el mismo; de 35

granjas de las muestras obtenidas aleatoriamente, cuatro se tuvieron que descartar por diversas razones y fueron sustituidas por dos granjas que tenían características similares; finalmente, el número total de granjas encuestadas fue de 33, 6% menos que lo obtenido en el cálculo de la muestra.

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

3) En el estrato de granjas medianas fue donde hubo más cambios. La muestra arrojó 13 granjas medianas de las cuales se encuestaron siete debido a que cinco de ellas fueron reclasificadas como pequeñas y otra estaba cerrada. Se incluyeron en este estrato dos granjas que estaban clasificadas como grandes y una tercera que, según la información original, era pequeña. Al final se encuestaron 10 granjas de las 13 obtenidas en el cálculo de la muestra.

4) 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 cinco reclasificadas del estrato de medianas y dos que sustituyeron a las cerradas por FPC y que tenían características similares.

MUESTRAS CALCULADA Y LEVANTADA

<i>Estrato</i>	<i>Núm. de granjas</i>	<i>Muestra calculada</i>	<i>% muestra calculada/ total granjas</i>	<i>Muestra levantada</i>	<i>% muestra levantada / total granjas</i>
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 AE, pp. 159-161.

5) 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 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 mejor representadas las granjas pequeñas, ya que se encuestaron 60%, contra 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 del universo (U) de granjas (6.5%) que al calculado en la muestra (13.9 por ciento).

UNIVERSO, MUESTRAS CALCULADA Y LEVANTADA (número de granjas y porcentajes)

Estrato	Muestra calculada (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	17	50.0	20	60.6	68	63.0	26.5	111.1
TOTAL	35	100.0	33	100.0	108	100.0	33.3	91.7

Fuente: Cuadros 1, 2 y 3 del AE, pp. 159-161.

MUESTRAS CALCULADA, LEVANTADA Y UNIVERSO (sólidos suspendidos totales; ton/día)

Estrato	MC	% MC/TMC	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

TMC: total muestra calculada; TU: total universo.

Fuente: Cuadros 1, 2 y 3 del AE, pp. 159-161.

En cuanto a la carga orgánica (SST) la información de las Asociaciones y la muestra calculada indican que las granjas medianas (43.6%) generan una mayor contaminación, casi 50% en el primer caso y en el segundo. Pero, de acuerdo con la muestra levantada, las granjas medianas y grandes generan proporciones similares de SST, 38.3 y 40.5%, respectivamente.

vi] El modelo estadístico

En el apartado “internalizando” en porcicultura, se plantearon algunas hipótesis acerca de las variables que afectan la magnitud de la inversión en sistemas de tratamiento y que pueden expresarse en la siguiente ecuación de regresión múltiple para estimar su capacidad explicativa:

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

Donde:

IT_{ST} = inversión en sistemas de tratamiento.

TG = tamaño de la granja (medido en UPA).

MOD = modalidad productiva.

ST = sistema de tratamiento empleado.

CR = tipo de cuerpo receptor.

e = error.

Con la información de la encuesta 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 (ST). En una primera aproximación 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:

RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN

		R2	Error estándar	F	Significado de F	Durbin Watson	Análisis de varianza	
							Grados de libertad	
VARDEP: IT_{ST}								
<i>Asociación simple</i>							<i>Regresión</i>	<i>Residual</i>
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: IT_{ST} /UPA								
<i>Asociación simple</i>								
1	TG	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	0.2954	0.7469	2.5349	1	24

TG = tamaño de la granja; MOD = modalidad; CR = cuerpo receptor; ST = sistema de tratamiento.

VARDEP: Variable dependiente.

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 y se transformó la inversión total en tratamiento en una variable dicotómica de menos y más de 100 000 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?

a) 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 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 se tiene 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 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 hay; 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 ésta 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 para explicar el monto de recursos invertidos en sistemas de tratamiento.

Por último, el lugar donde se realiza la descarga final tampoco fue significativo para las inversiones realizadas hasta principios de 1999, pues anteriormente el reglamento vigente no diferenciaba entre los distintos tipos de cuerpo receptor.

b) Características de la variable dependiente

La información sobre inversiones en infraestructura y equipo de tratamiento fue la proporcionada por los poricultores 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 encontraba en ese momento, esto es, considerando la depreciación de la misma.

Saltaba a la vista que con excepción de granjas que realizaron inversiones recientes, el productor encontraba sumamente difícil evaluar la obra y equipo de tratamiento con que contaba. Algunas obras se realizaron hace más de 15 años, hay equipo “hechizo”, así como de compañías especializadas. Hay obras que han realizado los poricultores directamente, contratando uno o dos

peones y hay otras 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.

c) 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 17 000 UPA; 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 increíble de 53 centavos y un máximo de 66 pesos.

El valor total de la granja se estimó en un rango que va de 360 000 pesos hasta 52 millones de pesos. Hay granjas que están en menos de media hectárea y otras que se localizan en predios de 130 hectáreas; otras 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 y otras 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.

ANEXO 2. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL PAGO DE UN DERECHO

Se consideraron los siguientes elementos:

- 1) La carga del parámetro correspondiente 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 residual 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 esté el cuerpo receptor clasificado como tipo 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. 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 3. DEFINICIONES¹⁸

Potencial de hidrógeno (pH): es una medida estándar de la neutralidad de los líquidos. Un pH de 7.0 indica aguas neutras. 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 hay estándares para este parámetro.

¹⁸Tomadas del *Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México*, Taiganides *et al.*, CMP, IIEc, 1996.

Los STT incluyen sólidos disueltos y otros que pueden estar suspendidos, flotando o sedimentados.

Sólidos sedimentables (Ssed): [son más pesados que el agua por lo que se sedimentan en el fondo de los tanques 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 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 50% de los sólidos volátiles se eliminó mediante la acción bacteriana, el lodo estabilizado se llama digerido. Regularmente 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 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 son el nitrógeno orgánico (TON) y el amoníaco. El TON representa cerca de 25% del TKN; esta parte del nitrógeno no está disponible directamente para las plantas sino mediante 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): las excretas se analizan, generalmente, por su contenido de fosfato PO_4 o PO_5 y el resultado se expresa como contenido de fósforo total. Éste es un fertilizante importante para los cultivos, pero también para las plantas acuáticas, y ocasiona 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.

ANEXO ESTADÍSTICO (AE)

Cuadro 1
GRANJAS GRANDES¹ DEL ESPACIO DE ESTUDIO

<i>Número</i>	<i>Código granja</i>	<i>Número de vientres (cabezas)</i>	<i>UPA 100 kg</i>	<i>SST 0.6 kg/UPA * día ton/día</i>
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		5 340	3.204
	26SAP1-EN	1 269	5 321	3.193
6	6LP-EN	11	8 530	5.118
4	Santa Ana Pacueco			
3	La Piedad	6 605	49 324	29.594
	Promedio	1 651	7.046	4.228
	Desviación estandar	534	1 737	1.043
	Varianza	286 029	3 019 089	1.087

¹ Clasificación con base en la producción SST y fecha de cumplimiento el 1 de enero de 2000 de acuerdo con la NOM-001-Semarnat-1996.

UPA: unidad de producción animal; SST: sólidos suspendidos totales; SAP: Santa Ana Pacueco; LP: La Piedad; CC: ciclo completo; EN: engorda.

Fuente: Asociaciones Locales de Porcicultores de La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco, Gto., febrero de 1999.

Cuadro 2
GRANJAS MEDIANAS¹ DEL ESPACIO DE ESTUDIO

<i>Núm.</i>	<i>Código granja</i>	<i>Número de vientres (cabezas)</i>	<i>UPA 100 kg</i>	<i>SST 0.6 kg/UPA*²día ton/día</i>
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	1 104	2 861	1.717
5	3SAP3-CC	1 008	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-IE	1 151	2 606	1.564
12	10SAP2-CC	1 354	3 391	2.035
13	10SAP3-CC	861	4 301	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-IE	1 360	3 069	1.841
18	29SAP1-CC	310	2 147	1.288
19	3SAP1-EN		4 061	2.437
20	16SAP1-EN		2 360	1.416
21	16SAP4-EN		2 016	1.210
22	16SAP9-EN		4 397	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	1 275	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-IE	1 827	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

¹ Clasificación con base en la producción SST y fecha de cumplimiento el 1 de enero de 2000 de acuerdo con la NOM-001-Semarnat-1996.

Fuente y simbología: véase cuadro anterior.

Cuadro 3
GRANJAS PEQUEÑAS¹ DEL ESPACIO DE ESTUDIO

Núm.	Código granja	Número de vientres (cabezas)	UPA real To- tal 100 kg	SST 0.6 kg/UPA * día ton/día	Núm.	Código granja	Número de vientres (cabezas)	UPA real To- tal 100 kg	SST 0.6 kg/UPA * día ton/día
1	3SAP1-CC	400	1 781	1.069	39	15LP-CC	190	952	0.571
2	6SAP1-CC	470	1 782	1.069	40	16LP-CC	356	1 726	1.035
3	9SAP1-CC	459	1 271	0.763	41	18LP-CC	253	1 603	0.962
4	11SAP1-CC	41	205	0.123	42	20LP-CC	188	1 130	0.678
5	12SAP1-CC	480	1 975	1.185	43	21LP-CC	200	1 223	0.734
6	13SAP1-CC	34	264	0.158	44	23LP-CC	67	147	0.088
7	14SAP1-CC	60	197	0.118	45	45LP-CC	112	494	0.297
8	15SAP1-CC	317	1 442	0.865	46	24LP-CC	166	870	0.522
9	16SAP2-CC	622	1 548	0.929	47	25LP-CC	248	546	0.327
10	17SAP1-PC	536	1 494	0.896	48	26LP-CC	88	194	0.116
11	19SAP1-CC	125	633	0.380	49	31LP-CC	322	1 724	1.034
12	21SAP1-CC	241	1 619	0.971	50	32LP-CC	74	266	0.160
13	22SAP1-CC	122	732	0.439	51	37LP-CC	405	1 809	1.085
14	25SAP1-CC	190	1 192	0.715	52	38LP-CC	320	1 408	0.845
15	28SAP1-CC	83	548	0.329	53	4LP-IE	30	77	0.046
16	1SAP1-EN		418	0.251	54	11LP-IE	10	30	0.018
17	1SAP2-EN		346	0.208	55	29LP-IE	120	766	0.460
18	9SAP1-EN		1 294	0.776	56	41LP-EN		1 401	0.840
19	9SAP2-EN		139	0.083	57	42LP-EN		464	0.278
20	16SAP2-EN		869	0.521	58	43LP-EN		608	0.365
21	16SAP3-EN		493	0.296	59	44LP-EN		136	0.082
22	16SAP5-EN		1 838	1.103	60	12LP-EN		764	0.458
23	16SAP6-EN		727	0.436	61	22LP-EN		423	0.254
24	16SAP7-EN		1 077	0.646	62	40LP-EN		433	0.260
25	16SAP8-EN		205	0.123	63	48LP-EN		1 532	0.919
26	17SAP1-EN		1 781	1.069	64	49LP-EN		130	0.078
27	23SAP1-EN		1 488	0.893	65	50LP-CC	687	1 796	1.077
28	2SAP1-EN		1 181	0.709	66	51LP-EN		134	0.081
29	26SAP2-EN		535	0.321	67	52LP-EN		550	0.330
30	4SAP1-EN		544	0.326	68	39LP-EN		776	0.465
31	3LP-CC	225	1 044	0.626					
32	5LP-CC	61	332	0.199		Total	9 215	60 489	36.294
33	46-CC	78	379	0.227					
34	47-CC	52	410	0.246		Promedio	225	890	0.534
35	8LP-CC	185	1 603	0.962		Desv. est.	172.7	590	0.354
36	9LP-CC	400	1 938	1.163		Varianza	29.8	348	0.125
37	13LP-CC	138	794	0.476					
38	14LP-CC	60	261	0.157					

¹Clasificación con base en la producción SST y fecha de cumplimiento el 1 de enero de 2000 de acuerdo con la NOM-001-Semarnat-1996.

Cuadro 4
MODALIDAD DE LAS GRANJAS ENCUESTADAS

Núm. de cuestionario	CC	ENG	Granjas multísitios					NV	Cerdos	PV kg	UPA 100 kg	SST ton/día							
			Sitios																
			2	3	1 Y 2	2 Y 3	1, 2 Y 3												
Grandes (3)							6 941	50 337	3 313 646	33 136	19.882								
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	817 346	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			8 500	312 500	3 125	1.875								
18	1						630	5 272	322 805	3 228	1.937								
16	1						320	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	1000								
13	1						300	3 059	162 790	1 628	0.977								
12	1						320	2 082	137 470	1 375	0.825								
34			1					1 800	13 500	1 350	0.81								
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	922	0.593								
37	1						450	754	98 628	986	0.592								
27		1					138	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	0.462								
32	1						125	1 007	9 010	690	0.414								
28						1		3 500	5 600	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	1	2	28 413	241 627	13 046 082	130 455	78.273

cc: ciclo completo; ENG: engorda; NV: número de vientres; PPP: población porcina en pie; PV: peso vivo; UPA: unidad de producción animal; SST: sólidos suspendidos totales.

Fuente: Encuesta.

Cuadro 5
CONCENTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
EN EL ESPACIO DE ESTUDIO

	<i>Muestra</i>					<i>Universo</i>				
	<i>Granjas</i>	<i>NV</i>	<i>%</i>	<i>UPA 100 kg</i>	<i>%</i>	<i>Granjas</i>	<i>NV</i>	<i>%</i>	<i>UPA 100 kg</i>	<i>%</i>
Grupos	19	14 353	81.2	6 686	81.7	56	25 851	67	139 303	64.5
1	4	5 382	30.4	12 482	15.3	17	5 652	14.7	2 936	13.6
2	2	450	2.5	2 839	3.5	10	3 093	8	19 484	9
3	2	900	5.1	47	5.7	5	3 272	8.5	1 496	6.9
4	2	795	4.5	4 451	5.4	5	2 711	7	13 063	6
5	1	2 300	13	17 645	21.6	2	1 901	4.9	11 473	5.3
6	1	1 906	10.8	9 318	11.4	1	1 906	4.9	10 425	4.8
7	2	0	0	3 685	4.5	3	1 360	3.5	8 925	4.1
8	2	1 300	7.4	5 426	-6.6	2	1 300	3.4	5 842	2.7
9	2	1 000	5.7	4 941	6	2	1 269	3.3	6 521	3
10	1	320	1.8	1 375	1.7	2	566	1.5	3 167	1.5
11						4	1 142	3	5 637	2.6
12						1	1 143	3	7 171	3.3
13						2	536	1.4	3 275	1.5
Otros	14	3 324	18.8	14 935	18.3	52	12 711	33	76 776	35.5
TOTALES	33	17 677	100.0	81 795	100.0	108	38 562	100.0	216 079	100.0

NV: número de vientres; UPA: unidad de producción animal.

Fuente: Asociaciones Locales de Porcicultores de La Piedad, Mich. y Santa Ana Pacueco y encuesta.

Cuadro 6
AGUA RESIDUAL GENERADA POR TAMAÑO DE GRANJA

<i>Folio</i>	<i>Tamaño de granja</i>	<i>Agua residual (m³/día)</i>	<i>Agua residual (L / PPP)</i>
1	Grande	s.i.	s.i.
2	Grande	230.00	9.79
3	Grande	41.60	7.00
4	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.

PPP: población porcina en pie; s.i.: sin información.

Fuente: Encuesta.

Cuadro 7
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA.
INVESTIGACIÓN Y PRODUCTORES

Granjas	Fecha		Hora		T		ph		DBO		SST		N		p		GyA		CF	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P
sept., 1999																				
1	20	1)	09:25	-	22	19	8	7.18	1408	900	7750	3411	1520	757	291	7	235	40	1100	240
2	20	1)	11:32	3)	23	14	5.5	8.73	1525	96	3840	123	861	20	49	-	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	21	2)	10:55	11:00	20	23	-	7.8	580	77	836	290	868	-	64	83	29	9	-	-
6	20	1)	13:40	08:30	32	12	5.5	7.96	1185	56	83	145	294	16	34	-	17	14	1100	-
7	21	2)	-	3)	-	-	-	-	4669	-	318	-	-	-	52	-	73	1100	-	-
8	21	1)	12:40	-	-	35	8	7.5	5107	200	390	200	924	3	46	-	20	20	1100	-

P: resultados proporcionados por los poricultores; I: resultados obtenidos en la investigación.

1) Entre el 7 de enero y el 31 de marzo de 1999; 2) Julio de 1998; 3) Entre las 7:30 horas.

T: temperatura; pH: potencial de hidrógeno; DBO: demanda bioquímica de oxígeno; SST: sólidos suspendidos totales; n: nitrógeno; P: fósforo; GyA: grasas y aceites; CF: coliformes totales; s.i.: sin información.

Cuadro 8
INVERSIÓN TOTAL EN SISTEMAS Y EQUIPO DE TRATAMIENTO

<i>Folio</i>	<i>Granja</i>	<i>ITST (\$)</i>	<i>UPA(kg)</i>	<i>ITST/UPA</i>	<i>IT(\$)</i>	<i>ITst/IT %</i>
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
	Subtotal	1 831 018	23 818	76.9		
	Prom. grandes	915 509	11 909			
	Desv. est.	178 218	8 112		5 515 433	
Medianas						
14	3	492 760	7 151	118.7	10 000 000	4.9
4	4	83 000	9 339	20.8	1 700 000	4.9
6*	5	281 000	3 125	89.9	9 217 000	3.0
15	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	7 838 800	9.1
22	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		
	Subtotal	2 432 223	28 233	85.9		
	Prom. med.	270 247	3 147			
	Desv. est.	138 943	643		13 698 961	
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	15 000	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		
29	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		
	Subtotal	1 630 575	15 358	106.2		
	Prom. peq.	101 911	960			
	Desv. est.	120 470	523			
	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	

ITST: inversión total en sistema de tratamiento; UPA: unidad de producción animal; IT: inversión total.

Fuente: Encuesta.

Cuadro 9
MUESTREO DE AGUA RESIDUAL SEGÚN TAMAÑO DE GRANJA

Núm. folio	Por tamaño								Por sistema de tratamiento										
	Programado				Realizado				Programado				Realizado						
	G	M	P	Total	G	M	P	Total	Tratamiento "completo"	Una op. unitaria	2 op. unitarias	Sin tratamiento	Total	Tratamiento "completo"	Una op. unitaria	2 op. unitarias	Sin tratamiento	Total	
1	1			1					1					1					
2			1	1			1	1		1			1		1				1
3		1		1		1		1				1	1					1	1
4		1		1		1		1	1				1	1					1
5			1				1	1	1				1	1					1
6		1		1		1		1		1			1		1				1
7			1	1			1	1				1	1				1	1	1
8	1			1					1				1						1
9	1			1	1			1	1	1			1	1					1
10		1		1		1		1	1	1			1	1					1
11		1		1							1		1						1
12			1	1					1				1						1
13			1	1			1	1			1		1			1			1
14		1		1						1			1						1
15			1	1			1	1			1		1			1			1
16			1	1						1			1						1
17			1	1					1	1			2						1
18			1	1			1	1		1			1	1					1
19		1		1					1	1			2						1
20			1	1															
Muestra agua	3	7	10	20	1	4	6	11	9	5	5	2	21	5	2	2	2	2	11
Total muestra	3	10	20	33	3	10	20	33	15	6	9	3	33	15	6	9	3	33	33
% mues- tra agua/ muestra total*	100.0	70.0	50.0	60.6	33.3	40.0	30.0	33.3	60.0	83.3	55.6	66.7	36.6	33.3	33.3	22.2	66.7	33.3	33.3

*33 granjas.

Fuente: Encuesta.

Cuadro 10
VOLUMEN REAL DE LAS LAGUNAS Y VOLUMEN ESTIMADO
POR EL PROGRAMA PIGMEX
(metros cúbicos)

Núm. cuestionario	Volumen de la laguna	Estimación del programa Pigmex del:				
		Separador	Cárcamo	Directo	Digestor	% dif.
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

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.

Fuente: Encuesta y Programa de Cómputo PigMex (Consejo Mexicano de Porcicultura).

4. SUSTENTABILIDAD EN LA PORCICULTURA

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 interno e internacional a partir de los noventa. En este capítulo se hace referencia a los orígenes del término y se mencionan 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 efectos ambientales y las condiciones necesarias para que esto pudiera lograrse.

EL CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD

El deterioro del medio ambiente, concomitante con la acción del hombre sobre la naturaleza durante el proceso productivo, alcanza un punto crítico en los sesenta como resultado de décadas de estrategias de desarrollismo y modernización desigual y excluyente.

La percepción organizada del fenómeno la conducen principalmente biólogos, ecólogos y físicos, y a las acciones motivadas por ésta se les conoce como movimiento ambientalista que generan un amplio debate en las esferas de la teoría, la política y las instituciones, sobre el papel de la naturaleza en el proceso del desarrollo económico.

A partir de estas primeras manifestaciones tiene lugar 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 las imbricaciones entre el desarrollo económico y el medio ambiente.

La incipiente conciencia ambiental se evidenció por la falta de interés de los entonces países socialistas que estuvieron ausentes y por la actitud de los países en desarrollo que prefirieron centrar su atención en los problemas norte-sur y sus implicaciones en materia de comercio internacional, tecnología, financiamiento, cooperación técnica, llegando al planteamiento extremo de un delegado de Brasil para el cual la contaminación sería bienvenida porque significaba industrialización¹ (Urquidi, 1994).

Una línea de pensamiento que sin duda influyó en lo que posteriormente se elaboraría como desarrollo sustentable, se debe a Ignacy Sachs quien a principios de los setenta planteó la necesidad de un nuevo estilo de desarrollo que tomara en cuenta las limitaciones, condiciones y potencialidades de los ecosistemas y propugnó por un manejo cuidadoso de los recursos.

Con el concepto de ecodesarrollo, pensado especialmente para la economía rural, Sachs intentaba conciliar los objetivos sociales y económicos del desarrollo con un manejo adecuado de los recursos, en un amplio marco conceptual que incluía la economía política, la teoría de sistemas, la aplicación de técnicas de costo-beneficio y la planificación a largo plazo, considerando las connotaciones interdisciplinarias e interinstitucionales de los fenómenos y evitando caer en los extremos del economicismo o el ecologismo.²

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 y es sustituido por el discurso del “desarrollo sostenible”, ligado a la implantación de las políticas de corte neoliberal (Leff, 1998).

En 1984, la Asamblea General de Naciones Unidas instala la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo presidida por la primera minis-

¹ En mayo de 1998, 25 años después, el ministro de Agricultura planteó que su país no sería el jardín del mundo y que emplearía sus recursos para desarrollarse (reunión de expertos en Brasilia, Brasil).

² V. Sánchez, prólogo al libro *Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción*.

tra de Noruega, Harlem Brundland, cuyo objetivo fue 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 Brundland (1987),³ donde señala que el proceso de desarrollo y la vertiente ambiental se podían integrar en un solo concepto, 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.

Unos años antes, Nicholas Georgescu-Roegen (1996) y Hermann Daly (1977), tomaron como punto de partida la segunda ley de la termodinámica y propusieron una definición de sustentabilidad de carácter muy general y, por tanto, nadie estará en desacuerdo: “la sobrevivencia de la especie humana por un tiempo tan largo como sea posible” y E. Barbier (1998), basándose en los postulados del modelo ortodoxo hegemónico, manejó el concepto de sustentabilidad como sigue: el desarrollo que mejora la calidad de vida en forma segura y durable y que minimiza el agotamiento de los recursos naturales, la degradación ambiental, los conflictos culturales y la inestabilidad social”.

Las diferentes definiciones de sustentabilidad o desarrollo sostenible, además de contener dimensiones temporales y espaciales explícitas, incluyen aspectos éticos, demográficos, institucionales y políticos cuya incorporación al análisis, desde el punto de vista conceptual, constituyen un problema sumamente complejo y cuya puesta en práctica en los niveles sectorial, regional y local, desde el punto de vista operativo, resultan también de una dificultad extrema (Prieto, 1993).

Pero más allá de las dificultades que la definición del término entraña, de que no hay consenso acerca del mismo y de que, incluso, se sostiene que no 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

³ Informe de la Comisión Brundland, 1987, *Nuestro futuro común*, Madrid, Alianza Editorial, p. 67.

manera oficial a la formulación de políticas y proyectos de desarrollo, tanto en el ámbito internacional como en el nacional.

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 planteamiento 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 sólo dos de ellas planteadas por Enrique Leff (1998) y Vincenzo Lauriola (1997).

Para el primero, 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 *sustentable*, 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 manifiestan en las dificultades para alcanzar acuerdos internacionales sobre los instrumentos jurídicos para guiar el tránsito hacia la sustentabilidad.⁴

⁴ Oposición de Países del Norte a firmar una declaración sobre conservación y desarrollo sosteni-

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); el discurso neoliberal contemporáneo afirma la desaparición de la contradicción entre ambiente y crecimiento porque mediante los mecanismos de mercado se pueden internalizar las condiciones ecológicas y los valores ambientales al proceso de crecimiento económico. Si se asignan los 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 asimilarse al proceso de reproducción y expansión del orden económico y reestructurar 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 asimilarlas 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 posmoderno de la sostenibilidad constituye el mecanismo extraeconómico por excelencia para la reintegración del hombre y de la naturaleza a la racionalidad del capital.

La crítica de Leff al discurso de la sostenibilidad, ampliamente documentada desde la perspectiva económica, antropológica, ética e incluso psicoanalítica, se centra en el 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.

ble 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, 1998, p. 20).

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 uso racional de los recursos ambientales y, al mismo tiempo, responde a la necesidad de legitimar 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 considerados como factores de la producción.

La segunda crítica del concepto de desarrollo sustentable, que coincide en esencia con la de Leff, proviene de Vincenzo Lauriola (1997), Universidad de Bari, Italia, quien centra su análisis en los planteamientos de la Escuela de Londres.⁵

Para el autor, el discurso del desarrollo sustentable está marcado por el pensamiento único neoliberal y es cada vez más normativo manifestando una capacidad creciente para reconciliar elementos contradictorios aceptándolos como verdaderos.

El planteamiento de la Escuela de Londres sobre desarrollo sustentable, según Lauriola, es un ejemplo de dualidad en el pensamiento que contiene, por una parte, la confusión deliberada entre un modelo positivo-descriptivo y, por la otra, la dimensión normativa al servicio de la política de desarrollo neoliberal que ahora incluye 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”.

El análisis crítico de la definición de desarrollo sustentable y del modelo de sostenibilidad que se persigue, revelará ambigüedades y contradicciones que llevan a preguntarnos sobre el significado político del criterio de sostenibilidad que introducen.

Para la Escuela de Londres, el desarrollo sustentable constituye un vector de objetivos deseables en los que se sobreentiende que hay una aspiración básica de crecimiento del nivel de vida, noción que tiene un significado mayor que el de crecimiento económico. Asumir el desarrollo sustentable significa tomar en cuenta los límites para la explotación de los recursos naturales y, de

⁵ En torno al *London Center for Environmental Economics* se aglutinan numerosos economistas entre los que destacan D. Pearce, E. Barbier, A. Markandya y K. Turner, algunos de ellos ligados a organismos internacionales como el Banco Mundial.

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, y requiere de un verdadero esfuerzo interdisciplinario para aprehender esas dimensiones en sus especificidades internas.

La aprehensión y la aplicación del concepto de desarrollo sustentable tienen tres consecuencias:

1) Reconocer de la importancia del ambiente en cuanto 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 del horizonte temporal de los criterios de eficacia económica reconocidos comúnmente, a las generaciones futuras, y

3) Una atención creciente a los problemas de inequidad inter e intra generacional.

Un tema fundamental en el concepto de sustentabilidad es compensar a las generaciones futuras por la reducción de las dotaciones de recursos que provoca la acción de las generaciones presentes. El papel del ambiente debe afirmarse por su importancia y puede ser: a) directa e indirecta sobre la calidad de vida, b) sobre el crecimiento económico mediante la creación de actividades relacionadas con el tiempo libre, el turismo y la reducción de la contaminación y c) para medir mejor el crecimiento económico es necesario considerar los bienes que están fuera del mercado pero en la contabilidad nacional.

Para Pearce y sus colegas, la economía puede evaluar mejor el ambiente si se le atribuyen valores justos a los servicios que requiere; 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"⁶ donde el mercado aporta los valores verdaderos, pudiéndose concluir que hay problemas ambientales 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, 1997).

De la misma forma, para solucionar los problemas ambientales es necesario delimitar los derechos de propiedad sobre el ambiente y crear un mercado

⁶ R. H. Coase, "The problem of social cost", citado por Lauriola, *ibid.*, p. 211.

donde esos derechos se puedan transferir libremente por medio 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 los bienes colectivos, está por probarse que la mejor solución sería la privatización de un bien colectivo y que además, se ponga en la práctica, incluso cuando 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 acervo de capital global al menos equivalente al heredado por la generación actual. En otro, la compensación no deberá concentrarse únicamente en el capital creado por el hombre, sino en el capital natural, particularmente.

La Escuela de Londres define una condición necesaria, pero no suficiente, para el desarrollo sustentable que es: la constancia de un acervo de capital natural.

Aunque los economistas neoclásicos, partidarios de una sustentabilidad débil, postulan una sustitución 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 irreductibles del capital natural al artificial. Rechazan, por tanto, la hipótesis de la sustitución ilimitada para adoptar una 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) su carácter multifuncional hace que no todas sus funciones puedan ser sustituidas por el capital artificial, 2) su especificidad, por la cual no siempre es posible ni deseable su sustitución: es imposible calcular las tasas de sustitución entre los dos tipos de capital y hay niveles críticos de capital natural por debajo de los cuales se producen costos sociales inaceptables, 3) porque contribuye a mantener la capacidad de la economía a resistir choques externos (resiliencia), función que no puede llenar el capital artificial por carecer de diversidad y 4) por sus características de incertidumbre e irreversibilidad.

La opción de preservar el capital natural actual y no el que debería ser, 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 consuetudinos en torno a la cuestión ambiental en el ámbito nacional e internacional.

Respecto a la valorización económica del acervo de capital natural, los economistas de la Escuela de Londres decidieron –a pesar de los severos problemas metodológicos que se presentan– evaluarlo monetariamente, mediante los precios ficticios determinados sobre la base del concepto de valor económico total de Pearce.⁷ La Escuela de Londres pretende, por una parte, reconocer la dependencia de la economía respecto del medio ambiente y, por otra, permanece prisionera de un punto de vista puramente económico sobre el ambiente y el formalismo neoclásico.

Tanto la crítica de Leff como la de Lauriola hacia el concepto de sustentabilidad contiene fundamentos teóricos de indudable solidez; sin embargo, no es aceptable inmovilizarse y atrincherarse en la crítica frente al reto que representa el uso “racional” en los términos de Hotteling, pero abusivo de los recursos naturales.

SUSTENTABILIDAD 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 expandían sus áreas ganaderas, principalmente en selvas y bosques húmedos, con cargo a su biodiversidad y contraían una deuda impagable que los sumiría en la peor de las crisis en la década de los ochenta, los países desarrollados empezaban a tomar las primeras medidas que contrarrestarían los efectos ambientales generados por sus sistemas ganaderos intensivos.

⁷ 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).

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 EU durante los años sesenta (Taiganides, 1997). Una década después, en 1977, con el patrocinio de la Organización Mundial de la Salud, se llevó a cabo en Checoslovaquia un seminario sobre manejo de residuos animales, en el cual participan, además de EU y Canadá, varios países europeos y prácticamente todos los países del bloque socialista.⁸

En esa década, la FAO integró el manejo de residuos ganaderos (*Animal Waste Management*) a sus programas de apoyo, que en los noventa se transformaría en la red Ramiran,⁹ cuyo objetivo principal es el reciclaje de los residuos agrícolas, municipales e industriales en la agricultura. Esta red, por lo pronto, se limita al ámbito europeo.

El efecto 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 Desarrollo¹⁰ 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 tiene lugar una reunión de especialistas en ganadería en París, en la que se acuerda apoyar un amplio estudio sobre las interacciones de la ganadería y del medio ambiente. El estudio, realizado por varias instituciones académicas europeas y de EU, fue compilado por el BM, la FAO y la United States International Agency for Development (USIAD) y sometido a un amplio debate en la conferencia electrónica realizada de marzo a julio de 1997.¹¹

Los trabajos y comentarios presentados en la conferencia electrónica constituyeron el marco de la conferencia internacional sobre Ganadería y Me-

⁸ Seminar on Animal Wastes (Semaw).

⁹ *Recycling Animal, Municipal and Industrial Wastes in Agriculture Network* patrocinada por la FAO y Escorena (*European Cooperative Research*).

¹⁰ Por sus siglas en inglés, LEAD, *Livestock, Environment and Development*.

¹¹ 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.

dio 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 especializada¹² 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 fertilización de la agricultura y lograr el reciclaje de nutrientes en amplias “zonas de integración”.

A su término, el proyecto proporcionará: 1) un modelo de alimentación para cerdos que reduzca la emisión de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y metales pesados (cobre y zinc) en las excretas; 2) un modelo de aplicación de excretas y agua residual a la agricultura según los requerimientos de los cultivos; 3) recomendaciones de manejo y tratamiento de residuos en las granjas, y 4) un conjunto de recomendaciones sobre política agrícola y ambiental para la ganadería intensiva que incluyen aspectos legales, institucionales, económicos, de formación de recursos humanos, etcétera.

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 a la economía ambiental: el principio del que contamina paga, regulaciones ambientales, definición de derechos de propiedad, etc., aunque se reconoce que una limitación para la puesta en práctica de estos principios e instrumentos económicos y es el escaso desarrollo institucional del país y su incompleta inserción en la economía de mercado.

Las premisas de la iniciativa sobre ganadería y medio ambiente parten de 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 identifica la pobreza y 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.

¹²Area Wide Integration (AWI) Project.

- 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; su balance depende de las precauciones que se tomen en el manejo de animales y recursos.
- La ganadería desempeña un importante papel en los tres aspectos de la seguridad alimentaria: a) en la producción, aporta en forma directa productos de alto valor proteico; apoya en forma indirecta 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 punto de vista de los 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. Inicialmente, establece una diferencia entre países desarrollados, donde la conciencia acerca del problema ambiental ha conducido a establecer políticas y medidas regulatorias para su solución, y los países en desarrollo, donde hay una gran indiferencia por los crecientes riesgos ambientales, se carece de regulaciones o la puesta en marcha y vigilancia de éstas son ineficientes.

Por supuesto, las premisas anteriores 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. Deja de cuestionar la capacidad del mercado para internalizar los costos ambientales y también 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 industriales¹³ y el traslado del costo ambiental a la sociedad.

¹³ Los ingresos del personal que trabaja en la industria avícola estadounidense 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 EU), la fortuna de Donald Tyson ascendió, según Forbes, a 1.2 billones de dólares en 1997 (Cheeke, 1999).

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 efectos; suena increíble, pero nadie más hace propuestas alternativas al respecto.

LAS GANADERÍAS INDUSTRIALES

Desde el punto de vista ambiental, los organismos internacionales suelen clasificar los sistemas ganaderos en tres grupos cuyas fronteras, reconocen, en ocasiones no están suficientemente definidas; estos sistemas son el de pastoreo, el mixto y el industrial.

La ganadería 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 a 10% (Sere y Steinfeld, 1997).

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 cuya demanda puede tener efectos ambientales en regiones diferentes a aquellas donde la producción ganadera tiene lugar. 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 por unidades de energía consumida.

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 43% de la producción global total de carne, por encima de 37% en 1991-1993. Los países industrializados generan 58% de la producción de carne de ave y con Asia dominan la producción industrial de cerdo (52 y 31%, respectivamente).

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 en gran escala se encuentran en EU y en los países ex socialistas; corrales de engorda de ovejas en gran escala se encuentran en el cercano oriente, norte de África y Estados Unidos.

El efecto ambiental de la ganadería en estos sistemas depende tanto de la especie animal (aves, cerdos, bovinos de carne y leche), como del proceso industrial que transforma sus productos (producción periurbana de leche en gran escala, sacrificio de animales, curtidurías y 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, pero lo han hecho a un elevado costo ambiental. 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 epitome 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.

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 y donde 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 mediante 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 por su demanda de suelo arable para la producción de insumos agrícolas para la alimentación, y contribuyen a la erosión de la diversidad animal por el uso de animales de composición genética similar. El almacenamiento y aplicación de excretas genera emisiones de amoníaco y lluvia ácida que dañan los bosques.

Sin embargo, la producción industrial también tiene efectos benéficos en el ambiente: 1) El rápido desarrollo del sector “moderno” de cerdos y aves ayuda a reducir los requerimientos de alimentación del sector global de carnes para satisfacer la demanda, con esto disminuye la presión sobre los bosques y la degradación de tierras húmedas. 2) Las tecnologías ahorradoras de alimento desarrolladas para este sistema pueden ser efectivas en cualquier escala y, por tanto, transferidas a los sistemas mixtos; lo mismo sucede para la prevención de la contaminación por residuos y con las tecnologías de tratamiento desarrolladas en función de las regulaciones que se aplican a los sistemas industriales.

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 subsidio (OCDE, 2003) 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 porque la sociedad prefiere una oferta barata de productos de origen animal sobre las funciones del ecosistema afecta-

do y porque en varios países en desarrollo, la autosuficiencia en la oferta de este tipo de producto parece ser el principal objetivo de política” (Steinfeld, 1998).

¿ES POSIBLE LA SUSTENTABILIDAD EN LA PORCICULTURA?

En el apartado anterior se mencionaron algunas de las principales fuentes de insustentabilidad de las ganaderías industriales en general; para la porcicultura, en particular, podemos citar las siguientes:

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 EU durante la década de los setenta. Mediante 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 naturales; ambos son erosivos y requieren altos niveles de insumos químicos –fertilizantes y pesticidas– que tienen una alta demanda de energía, son contaminantes,¹⁴ 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 que no necesariamente son maíz, sorgo o soya; de acuerdo al sexo y la etapa reproductiva, pueden consumir alimentos de alto contenido de fibra, forrajes y subproductos.

En el terreno experimental y en ocasiones comercialmente, se han empleado diversos productos y subproductos agrícolas (Chel *et al.*, 1983; Cuarón, 1989) incluyendo las “lavazas”¹⁵ en la alimentación porcina. Sin embargo, el sistema que domina el mercado mundial está basado en granos y pastas oleaginosas.

En opinión de algunos especialistas, la eficiencia y bajo costo de este sistema no se debe a sus bondades intrínsecas, sino a la estructura de subsidio

¹⁴La escorrentía de la zona agrícola del medio oeste de EU 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 los contaminantes que acarrea el río Mississippi (Cheeke, 1999).

¹⁵Desperdicios de comida cocinada y cruda, residuos de los mercados, etcétera.

que abarca 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 productiva (Bingham, 1997).

En la producción porcina con base en granos y oleaginosas, tanto los consumidores como los productores obtienen beneficios con cargo al ambiente y por esta razón será muy difícil que en un futuro próximo los sistemas de alimentación para la producción en gran escala se modifiquen radicalmente.

Los cambios propuestos en EU¹⁶ 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 a 30% de las razas del mundo en riesgo de extinción, proceso que se atribuye 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 hábitat, entre otros (Udo, 2000). La más amenazante de ellas es la tendencia hacia la estandarización de la producción ganadera.

Hacia fines de los años sesenta, con la adopción del modelo estadounidense de producción de cerdos en el noroeste del país, se tiene un proceso sistemático de sustitución de cerdos criollos por razas mejoradas. El censo documenta este cambio al pasar el inventario de cerdos “finos” de 4% del total en 1970 a 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, contribuyen con 80% de la producción de carne de cerdo en el país.

¹⁶Unified National Strategy for Animal Feeding Operations (AFO's), 9 de marzo de 1999, United States Department of Agriculture (USDA), Environment Protection Agency (EPA).

c) Regulaciones

La porcicultura se registra como una actividad no sustentable, incluso en países donde hay un conjunto de instrumentos económicos y regulaciones diseñados ex profeso para esa 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 hay otro tipo de mecanismo 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 se sabe que éstas no necesariamente conducen a la internalización del costo ambiental; se puede evadir la normatividad, que se aplica a granjas grandes y a partir de 2005 a medianas, porque no hay recursos para vigilar su cumplimiento. Pero aun cuando los poricultores realicen algunas obras para tratar el agua residual, el daño ambiental continuará por dos razones: primera, porque en general 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

No tenemos un programa institucional para el desarrollo de la porcicultura que incluya en forma integral los aspectos ambientales.¹⁷ Proyectos como el de la FAO sobre integración de áreas de agricultura y ganadería especializadas (AWI, por sus siglas en inglés) 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

¹⁷Durante 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 de la cadena, e inclusive se tratan las prácticas desleales internacionales, pero no los problemas ambientales de la actividad.

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 elemental de sustentabilidad en la actividad porcina, deberá demostrarse, como una condición previa, que el reciclaje en una zona amplia es económicamente viable; requiere, además, el establecimiento de convenios contractuales entre porcicultores y agricultores que en algunas partes ya existen de manera espontánea, pero que quizá no sea fácil inducir 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 en 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 efecto positivo en el ambiente. No hay un programa con tales características, pero es necesario proponer que se lleve a cabo.

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 otras zonas rurales, 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 salud¹⁸ que se deben no tanto a la trashumancia del cerdo, sino a la precariedad —escasez de agua, ausencia de potabilización, falta de drenaje, etc.— de las condiciones de vida de los habitantes de esas zonas.

Los peligros potenciales para la salud humana y el ambiente también se encuentran en la porcicultura urbana, segmento sobre el cual prácticamente no hay 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).

¹⁸Entre otras, cisticercosis, enfermedad en la que el cerdo es sólo un huésped contagiado por el ser humano y no al revés.

Para la porcicultura urbana de muy pequeña escala puede haber alternativas de manejo que minimicen su efecto, no así para las granjas porcinas urbanas que tendrán forzosamente que relocalizarse o cerrarse.

En cuanto a los animales estabulados, desde el punto de vista ambiental, un número grande de unidades pequeñas tienen las mismas repercusiones que una cantidad reducida de granjas grandes; sin embargo, los riesgos ambientales en las granjas grandes son mayores que en las pequeñas.

Las consecuencias de los errores y accidentes que puedan presentarse en las grandes unidades son completamente diferentes a las de las pequeñas; el desbordamiento de una laguna de oxidación puede tener efectos fatales en la vida acuática.¹⁹ 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 agravarse²⁰ (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 los de producción 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 desarrollado.²¹

CONCLUSIONES

1) En los estudios sobre el uso de los recursos es ineludible hacer referencia al concepto de sustentabilidad porque forma parte de las agendas nacional e internacional sobre política ambiental a partir de la década de los noventa y, porque a pesar de lo polémico del concepto, contiene propuestas mínimas de equidad para el uso y manejo de los recursos naturales.

2) La complejidad que caracteriza al concepto de sustentabilidad deriva de las diversas dimensiones espaciales, temporales y de equidad que inclu-

¹⁹ La contaminación de estuarios en la costa este de EU 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).

²⁰ 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).

²¹ La presión pública en Oklahoma impidió que la compañía Seaboard estableciera una enorme granja porcina. La compañía resolvió el problema comprando 202 350 hectáreas en Argentina.

ye, hace que sea muy difícil de operar en la práctica, a lo cual se suma el carácter productivista e insustentable de las políticas de crecimiento.

3) El concepto de desarrollo sustentable ha sido objeto de numerosas críticas; en este libro se rescatan las observaciones de Enrique Leff y Vincenzo Lauriola que se centran, la del primero, en las escasas posibilidades de los mecanismos de mercado para internalizar las condiciones ecológicas y sociales del proceso de crecimiento y, la del segundo, en el injustificado optimismo sobre la sustitución del capital natural por el creado por el hombre. Ambas posturas están justificadas, sin embargo, sin dejar de reconocerla, es necesario ir más allá de la crítica.

4) Como parte de las estrategias sustentables para los países en desarrollo, 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 iniciativas porque soslayan varias de las causas del problema ambiental, pero se justifican por la ausencia absoluta de iniciativas nacionales que otorguen al problema ambiental de la ganadería la importancia que tiene.

5) 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. Éstos representan focos de peligro desde el punto de vista ambiental.

6) Los mínimos de sustentabilidad en porcicultura tendrían que incluir obligatoriamente el cumplimiento de un código de *buenas prácticas de manejo*, que habrá que elaborar porque no hay, con 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.

CONCLUSIONES GENERALES

1) El análisis de los problemas ambientales del sector agropecuario en general y de las ganaderías intensivas, como la porcicultura, en particular, ha merecido poca 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.

2) Los efectos ambientales de la porcicultura 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.

3) En el ámbito mundial, la carne de cerdo es el cárnico que más se produce y 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.

4) La actividad económica se ha definido como intrínsecamente entrópica; no hay proceso productivo que no tenga un efecto 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.

5) Los efectos ambientales de la porcicultura son resultado de las características peculiares del cerdo y del modelo específico de crecimiento de la actividad. La porcicultura repercute en 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.

6) La porcicultura, presente a lo largo y ancho 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.

7) Una de las cuencas más contaminadas del país es la del río Lerma; a su cauce y 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. Referimos a La Piedad, Michoacán y a su vecina Santa Ana Pacueco en Guanajuato, es aludir a una de las zonas porcícolas por antonomasia.

8) 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 bienes y servicios ambientales tienen características especiales que impiden que los mecanismos de mercado los incorporen al sistema de precios; como no hay un precio de equilibrio para éstos, 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 sostienen 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.

9) Aun 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 del limitado desarrollo de la investiga-

ción— México se suma a esta estrategia promoviendo normas técnicas en un principio y normas oficiales mexicanas (NOM) a partir de 1992, en cuestiones que afectan la seguridad, el ambiente y la salud de las personas y los animales.

10) Hasta 1995 se habían expedido 44 normas oficiales sobre descargas de agua residual para diferentes giros de la actividad económica. En enero de 1997 éstas son abrogadas y sustituidas por una norma genérica (NOM-001-Semarnat-1997) que además hace de cumplimiento voluntario las condiciones particulares de descarga establecidas para unidades específicas y, por lo general, exigen una calidad de agua mejor que la requerida por la NOM-001.

11) 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 un tratamiento secundario. Estos costos, para el caso de la porcicultura, están subestimados porque en esta actividad se requiere de un tratamiento terciario.

12) 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 o a las poblaciones; es regresiva porque en la porcicultura se afecta más a los pequeños productores que deben hacer una mayor inversión en términos relativos para no rebasar sus límites, que a los poricultores 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 del espacio de estudio, el problema ambiental que generan las descargas de aguas residuales de las granjas porcinas, se está posponiendo a muy largo plazo.

13) Los poricultores 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. Sin embargo, los sistemas de tratamiento (cuando hay) 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—logran remover los contaminantes por debajo de los límites máximos permitidos por la norma.

14) 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 sujeta a las incertidumbres de la naturaleza, a enfermedades, tormentas, tolvaneras, etc. Basar el pago de un derecho por reba-

sar los LMP de la norma en el análisis de parámetros de contaminación expresados en concentraciones es un procedimiento arbitrario.

15) Proyectos sobre el manejo de aguas residuales en la porcicultura —el ejemplo de la experiencia en Singapur es elocuente (Taiganides, 1992)— de gran alcance llevados a cabo en otros países, demostraron que son necesarios numerosos análisis para encontrar los niveles representativos de los parámetros en las descargas porcinas. La toma de muestras y su análisis sólo conduce a resultados válidos para ese lugar y ese momento; no representan nada más. El pago basado en ese resultado puede ser enorme o muy bajo y depende de múltiples factores.

16) En porcicultura se paga incluso cuando se descarga a suelo para riego agrícola, porque no rebasar el límite máximo permisible para los coliformes fecales, requiere el empleo de desinfectantes o cloro que arruinan los sistemas de tratamiento biológico, eleva los costos y tiene efectos colaterales en el ambiente.

17) Con excepción de las lagunas de descarga cero, en el espacio de estudio nadie está cumpliendo con la norma; lo que está pasando es que se ha llegado a un acuerdo informal entre usuarios y autoridad en el que unos compran equipo y construyen lagunas y la otra considera que se está cumpliendo, situación que no beneficia a nadie.

18) En el ámbito nacional, la acción del gobierno no va más allá de la norma y su dudosa vigilancia; en el nivel internacional, organismos y sus agencias asumen 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 efecto 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.

19) El concepto de sustentabilidad y su apropiación por parte del discurso oficial interno 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, hay 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 dentro del mismo sector público en sus diferentes niveles, etcétera.

20) Analizar, desentrañar y hacer propuestas para aligerar el peso muerto de esta zona intermedia es también un objeto de estudio.

REFERENCIAS

- Alcántara, G.; J. Etchevers, y S.A. Aguilar (1992), *Los análisis físicos y químicos: su aplicación en agronomía*, Colegio de Posgraduados, Montecillo, México.
- Alcocer, J. y E. Escobar (1996), "Limnological Regionalization of Mexico: Lakes and Reservoirs: Research and Management", 2:55-69.
- Allen Keese, V. y J.L. Sweeney (eds.) (1985), *Handbook of Natural Resources and Energy Economics*, North Holland.
- Álvarez Constantino, Jesús (1967), *Monografía del municipio de La Piedad. Estudio geográfico, económico y social de renovación*, La Piedad, Michoacán.
- Athié, M. (1987), *Cantidad y calidad del agua en México*, Universo Veintiuno, México.
- Barbier, E. (1998), *The Economics of Environment and Development*, Selected Essays, Edward Elgar, EU.
- Baumol, W. y W. Oates (1988), *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press, Nueva 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.
- (1992) "Los instrumentos económicos aplicados al medio ambiente", Series monográficas, núm. 2, Sedesol, INE, México.
- (1997), "United States-Mexico Relations: Environmental Issues", B. Bosworth, S. Collins y N. Lustig (eds.), *Coming Together?*, Mexico-US Relations, Brookings Institution, Washington, D.C.
- Bohm, Peter (1997), *The Economics of Environmental Protection*, Edward Elga Pub., Gran Bretaña.
- Budedo, G. (1997), "La política fiscal en México y los nuevos instrumentos de política ambiental", *Economía ambiental: lecciones de América Latina*, INE, México.

- Boulding, K. (1966), "The Economics of the Coming Spaceship Earth", Henry Jarret (ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy*, John Hopkins Press, Baltimore.
- CMP (2001), "Posicionamiento del sector porcícola", COESE, CNA, CMP.
- Campabadal, C. (1995), "Utilización de excretas porcinas en la alimentación del ganado", memorias del *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*, núm. 3, julio, UACH.
- Chará, J. (1998), "El potencial de las excretas porcinas para uso múltiple y los sistemas de descontaminación productiva", memorias del *Seminario internacional sobre contaminación y reciclaje en la producción porcina. Aspectos legales, técnicos y económicos*, del 20 al 22 de agosto, CIPAV-ACP, Cali, Colombia, pp. 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*, 77:2 031-2 038.
- Chel G. L.; M. Aguilar, y A. Castellanos (1983), "Utilización digestiva de la alfalfa por el cerdo pelón mexicano", *Técnica Pecuaria en México*, núm. 44, enero-junio, pp. 27-30.
- Chung, Po (1996), *Pig Waste Treatment. The Taiwan Experience*, Animal Industry Department, Council of Agriculture, Taiwan.
- Ciriacy-Wantrup (1957), *Conservación de los recursos*, 2ª edición, Fondo de Cultura Económica, México.
- CNA (Comisión Nacional del Agua) Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 1999, 2000, 2001, 2001, www.cna.gob.mx/publicaciones
- Costanza, R. (1989), "What is Ecological Economics", *Journal of Ecological Economics*, vol.1, núm. 1, febrero, pp. 1-7.
- Cropper L.M. (2000), "Has Economic Research Answered the Needs of Environmental Policy?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 39: 328-350.
- Cuarón (1992), "El cobre como aditivo en dietas para cerdos altas en fibras o melazas", *Técnica Pecuaria en México*, vol. 27, pp. 117-127.
- Curso Internacional (abril de 1997), "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.

- Daly, H.E. (1977), *Steady State Economics*, W.H. Freeman and Company, San Francisco, EU.
- Daniel, W. (1997), *Bioestadística*, Limusa, México.
- De Witt, J. *et al.* (1997), "Animal Manure: Asset or Liability", *World Animal Review*, 88, núm. 1, FAO, Roma.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1976), *Manual de tratamiento de aguas negras*, Limusa, México.
- Diario A.M.*, La Piedad, Mich., jueves 22 de abril de 1999.
- Diario Oficial de la Federación (DOF)* (1997), Norma Oficial Mexicana NOM-001-Semarnat-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, México.
- Dixon, A.J.; F.L. Scura; R.A. Carpentier, y P.B. Sherman (1994), *Environmental Economics of Environmental*, Londres, 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.; V. Gómez, y S. Anderson (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, Dirección General de Saneamiento del Agua.
- FAO (2003), *World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective*, Earthscan, Reino Unido.
- FAO, CIPAV (1995), "Biodigestores plásticos de flujo continuo, generador de gas y bioabono a partir de aguas servidas", Cali, 1995.
- (1980), "La irracional competencia entre el hombre y los animales por los alimentos", *El Trimestre Económico*, México.
- Feder, E. (1982), "Las ramificaciones internacionales de la industria del ganado vacuno en México", documento de trabajo para el desarrollo Agroindustrial, núm. 8, CODAI-SARH, México.
- FMI (Fondo Monetario Internacional) (1998), "The IMF and the Environment", Ved P. Gandhi, Washington, D.C.
- Gangbanzo, G.; A.R. Pesant; G.M. Barnett; J.P. Charuest, y D. Cluis (1995), "Water Contamination by Ammonium Nitrogen Following the Spreading of Hog Manure and Mineral Fertilizers", *Journal of Environmental Quality*, 24:420-425.

- Gangbanzo, G.; C. Bernard y 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 reutilització 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, del 17 al 18 de noviembre de 1993, Minneapolis, Minnesota.
- Georgescu-Roegen, N. (1976), *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*, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Haan de C. (1998), "Balancing Livestock and the Environment; The Study Framework", *Livestock and the Environment*, conferencia internacional, Ed. Arend.
- Nell J., International Agricultural Centre, Wageningen, Países Bajos.
- 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*, del 8 al 11 junio, Wageningen, Holanda.
- Hansen, A.; A. León, y L. Bravo (1995), "Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales en sedimentos de la cuenca Lerma-Chapala", *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. X, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 55-69.
- Hernández, L. (comp.) (2001), *Historia ambiental de la ganadería en México*, Institut de Recherche Pour le Developement, Instituto de Ecología, A. C., México.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) (1997), *Alternativas de tratamiento de aguas residuales*, México.
- Informe de la Comisión Bruntland (1987), *Nuestro futuro común*, Madrid, Alianza Editorial.
- Íñiguez, C.G.; I.J.A. Cuarón y G.P. Pérez (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, Jalisco.
- y G.I. Garrido (1984), "Ensilaje del estiércol de cerdo para la alimen-

- tación animal”, *Memoria de la reunión de investigación pecuaria en México*, SARH-UNAM, México, p. 39.
- International Course on Livestock, Environment and Development Wageningen, Países Bajos, diciembre de 2000.
- Lauriola, V. (1997), “Le développement soutenable de l'école de Londres: une approche ‘orwellienne’”, en *Economies et Sociétés, Série Développement, croissance et progrès*, núm. 15.
- Jevons, S. (1998), *La teoría de la economía política*, Ed. Pirámide, Madrid.
- Leff, E. (1998), *Saber ambiental*, Siglo XXI, Editores, México.
- Lincoln, R.A.; G.A. Box Shall y P.F. Clark (1982), *A Dictionary of Ecology, Evolution and Systematics*, Cambridge University Press, Gran Bretaña.
- Luks, Fred (1998), “The Rhetorics of Ecological Economics”, *Ecological Economics*, núm. 26, pp. 139-149.
- Lustig, N. (1981), *Distribución del ingreso y crecimiento en México. Un análisis de las ideas estructuralistas*, El Colegio de México, México.
- Martínez Alier, J. y K. Schlüpmann (1993), *La ecología y la economía*, FCE, México.
- Meadows, Dennis L. et al. (1972), *Los límites del crecimiento*, Informe del Club de Roma sobre el Predicamento de la Humanidad, FCE, México.
- Ministerio de Agricultura (Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries) (1999), “The Welfare of the Pigs Regulations in the Netherlands”, Ms. G. Hovens, Países Bajos, Midwest Plan Services (1985), *Livestock Waste Facilities Handbook, MWPS-18*, Iowa State University.
- Molina, J.R. (1997), “Utilización de la cerdaza en la alimentación animal. Una alternativa para disminuir la contaminación ambiental”, *Memorias del Segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos*, Querétaro, Consejo Mexicano de Porcicultura, México.
- Montgomery, D. y E. Peck (1982), *Introduction to Linear Regression Analysis*, John Wiley and Son, EU.
- Moser, M. (1995), “Digestión anaeróbica y la recuperación de gas”, seminario sobre Manejo de aguas residuales y excretas porcícolas en México, 1995 Cocoyoc, Mor., del 6 al 9 de marzo, CMP, México.
- (1997) “Tratamiento de residuales porcinos para uso en riego agrícola”, *Segundo seminario sobre manejo y reciclaje de residuales porcinos*, Galindo, Qro., del 22 al 25 de octubre, CMP-IIEC, UNAM, México, pp. 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, núm. 1, febrero, pp. 37-57.
- Obrégón, J.F.; C. Barajas y L.J. Uriarte (1994), "Tres niveles de reciclaje de heces de iniciación-desarrollo en la dieta para cerdos en finalización", Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Chihuahua, México.
- OCDE (2003), *Agriculture, Trade and Environment: The Pig Sector*.
- Ohio State University (1992), *Manure and Wastewater Management Guide*, Ohio State University.
- Ortiz, G. (1997), "La política del agua en México en el marco del desarrollo sustentable", *Ingeniería Hidráulica de México*, 12 (3) 2, septiembre-diciembre pp. 13-59.
- Oswald, Ú. (1992), "Entorno social y calidad del agua en el estado de Morelos", *Comercio Exterior*, vol. 42, núm. 11, noviembre, México, pp. 1023-1031.
- Padilla, M. y G. Le Bihan (1997), "La dynamique internationale de la consommation alimentaire", *Economies et Societes. Developpment Agro-alimentaire*, núm. 9.
- Pearce, D. (1985), *Economía ambiental*, FCE, México.
- Rosario, P. (1993), "La porcicultura de México en cifras", *Desarrollo Porcícola*, agosto, Consejo Mexicano de Porcicultura.
- (1993), "Perspectivas de la porcicultura en México", XV Simposium de Ganadería Tropical, Veracruz, INIFAP, México.
- (1987), *Aspectos económicos de la porcicultura en México: 1960-1985*, Instituto de Investigaciones Económicas, Asociación Americana de Soya, México.
- (1987), *El Tratado de Libre Comercio de América del Norte y la ganadería mexicana*, IIEC-UNAM-CMP, México.
- (1999), "Porcicultura intensiva y medio ambiente en México", *Revue Mondiale de Zootechnie*, núm. 92 (1), pp. 15-24.
- (1993), "La porcicultura de México en cifras", *Desarrollo Porcícola*, núm.13, Consejo Mexicano de Porcicultura, México
- (2001), "Porcicultura y contaminación del agua en La Piedad, Michoacán, México", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 17 (1), pp. 5-13.
- (2002), "El costo ambiental en las granjas porcinas de La Piedad, Michoacán", *Revista Estudios Agrarios*, núm. 21, pp. 99-146.
- (2003), reseña del libro *Agriculture trade and the environment: the pig sector*, de la OECD, en *Problemas del Desarrollo*, vol. 34, núm. 135, octubre-diciembre, México, pp. 175-177.
- y R.F. Ibarra (2000), "De política agrícola y otros asuntos del cam-

- po", *Estudios Agrarios*, núm. 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, México.
- Proyecto Sisvan-PNUD-FAO-Secofi (1988), "Metodología para el seguimiento y vigilancia de la cadena de comercialización de la carne de cerdo", FAO, México.
- Reséndiz Arreola, Salvador (1988), *Michoacán y sus municipios (guía socio-económica)*, México.
- Rivas, A. (1997), "Efectos del manejo de peces en la remoción de coliformes fecales en una laguna facultativa", *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XII, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 27-33.
- Robinson, A. Y. (1993), "Searching for Common Approaches Between Agriculture and Environmental Concerns", *Meeting the Environmental Challenge*, Environmental Symposium, 17 y 18 de noviembre de 1993, Minneapolis, Min.
- Rojas, F.; G. Serhan y S. Volantin (1997), "Análisis costo-beneficio de la norma obligatoria para las descargas de aguas residuales a cuerpos nacionales", *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XII, núm. 1, pp. 27-40.
- Sachs, Ignacy (1982), *Ecodesarrollo. Desarrollo sin destrucción*, El Colegio de México, México.
- , R. Scheaffer; W. Mendenhall, y L. Ott (1987), *Elementos de muestreo*, Grupo Editorial Iberoamericano, México.
- Salas, N. L.; Chávez R., y R. Castellanos (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.
- Schiere, Hans y Rein van der Hoek (2001), "Livestock keeping in urban areas. A review of traditional technologies", *A FAO report Based on Field Experiences and Literature*, La Ventana Agricultural Systems A & D.
- 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.
- Sandoval, J.M. (2000), "Compendio sobre el agua: un análisis temático para el quehacer legislativo", LVIII Legislatura, México.
- Scialabba, Nadia (1994), Los residuos del ganado y el medio ambiente, documento preparado para el Taller internacional de residuos periurbanos del

- ganado en China, CCEICR, Beijing, del 19 al 22 de septiembre, FAO, Roma.
- Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2000 y 2001), Informe de Labores.
- Secretaría de Gobernación (s/f), *Los municipios de Michoacán*, colección: Enciclopedia de los municipios de México.
- Steinfeld, Henning (1998), "Options to address livestock-environment interactions", *World Animal Review*, 88, núm. 1, FAO, Roma; (1998) "Livestock environment interactions in industrial production systems", *Livestock and the Environment*, International Conference, FAO, World Bank, IAC, Wageningen, Países Bajos.
- 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, Sonora, México.
- Szekely, Miguel (1980), "El sistema socioeconómico de la porcicultura en la región de Pénjamo, Guanajuato-La Piedad, Mich.", ENEP-Cuautitlán, UNAM (inédito).
- Taiganides, E. P. (ed.) (1977), *Animal Wastes*, Applied Science Publishers Ltd., Londres.
- (1992), *Pig Waste Management and Recycling. The Singapore Experience*, International Development Research, Ottawa.
- ; R. Pérez y E. Girón (1996), *Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México.
- Tank, A. (1998), "The NPPC and Pig Management", World Pork Symposium, Des Moines, Iowa.
- Toledo, A. (1997), "La valuación económica de la biodiversidad en México", *Economía ambiental: lecciones de América Latina*, Instituto Nacional de Ecología, México.
- (1998), "La economía de la biodiversidad", PNUMA, México.
- Turner, K.; D. Pearce, y Bateman (1994), *Environmental Economics*, Harvester Wheatsheaf, Londres.
- Udo, H. (2000), "Biodiversity and Animal Genetic Resources", International Course on Livestock and Environment Interactions, International agricultural Centre, Wageningen University.
- Urquidi, 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 sobre manejo de aguas residuales y excretas pocícolas en México*, Cocoyoc, Mor., del 6 al 9 de marzo, CMP, México.
- Van 't Klooster, C. E. y J.A.Voermans (1993), "European Perspectives-How are they Solving their Problems?, Meeting the Environmental Challenge", Environmental Symposium, 17 y 18 de noviembre, Minneápolis, Minnesota.
- Varian, Hal R. (1992), *Análisis microeconómico*, Antonio Bosch, Barcelona.
- Wackernagel, M. y W. Rees (1996), *Our Ecological Footprint*, BC, New Society Publishers.
- Walras, L. (1987), *Elementos de economía*, Alianza Editorial, Madrid.
- World Pork Symposium (1997), junio de 1997, Indianápolis.

Granjas porcinas y medio ambiente. Contaminación del agua en La Piedad, Michoacán, se terminó de imprimir en enero de 2006, en Plaza y Valdés Editores.
La formación tipográfica estuvo a cargo de José Enrique Amaya Romero.
La edición consta de 1 000 ejemplares.

Plaza y Valdés

EDITORES

Con más de 850 obras de:

Administración Pública

Agricultura

Antropología

Ciencia/Tecnología

Cine

Comunicación

Derecho

Ecología

Economía

Educación

Ensayo

Filosofía

Género

Geografía

Historia

Lingüística

Metodología

Narrativa

Poesía

Política

Psicología

Religión

Salud

Sociología

Teatro

Trabajo Social

Urbanismo

Revistas Culturales

Editorial Académica

Una abrumadora mayoría de científicos sostiene que el cambio climático tiene un origen antropogénico: son las formas de producir y de consumir que se han impuesto en escala global y que se han aceptado dócil e irreflexivamente, las causas de la depredación y contaminación de los recursos naturales y del deterioro de la calidad de vida.

En países como México, el proceso se nutre de otros componentes: rezagos en educación, falta de conciencia ambiental, escaso desarrollo tecnológico e institucional y presiones competitivas en el ámbito internacional, entre otros.

Los impactos de la producción de cerdos en la calidad del agua, los escollos que enfrentan los porcicultores para cumplir con la única regulación ambiental que les atañe y la necesidad ingente de cuidar un recurso como el agua —escaso, altamente contaminado y pésimamente distribuido en el tiempo, el espacio y entre los habitantes— son algunos de los temas que se tratan en este libro.

A partir de un trabajo de campo que incluyó una encuesta entre los porcicultores de La Piedad, Michoacán y Santa Ana Pacueco, Guanajuato, entrevistas a funcionarios vinculados a la gestión del agua en los diferentes niveles de la administración pública, y el análisis del agua residual de las granjas porcinas, la investigación demuestra la inviabilidad de medidas ambientales de tipo general y la necesidad de contar con políticas agroambientales específicas para el sector porcícola que conduzcan a solucionar su problema particular.

El diseño y la puesta en marcha de estas medidas es apremiante y requiere la colaboración de todos los actores involucrados: gobierno, organizaciones y productores en lo individual, científicos, académicos y sociedad civil; demanda necesariamente financiamiento, asistencia técnica y amplios programas educativos; exige reglas claras y el cumplimiento de las mismas.



ine
Instituto Nacional de Ecología

Ecología

ISBN 970-722-518-1



9 789707 422518