



**PLANTEAMIENTO DE UN MODELO TEORICO DE INDICADORES  
PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL DE SISTEMAS  
INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN DE CARNE PORCINA DE  
EXPORTACION**

**TESIS**

**CLAUDIO ARMANDO TERNICIER GONZALEZ**

Presentada como parte de los  
requisitos para optar al Grado de  
Magíster en Gestión en Desarrollo  
Sustentable.

**2005**

**TEMUCO - CHILE**

**A mis hijos, con la esperanza de  
un futuro con mayor conciencia  
planetaria para un desarrollo  
humano equitativo y en equilibrio  
con la naturaleza y el medio  
ambiente.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis profesores del CDS, por su paciencia.**

**A la Asociación de Productores de Cerdo (ASPROCER) por su apoyo.**

**A Fernando Baeriswyl por su amistad y consejos.**

**Yo, CLAUDIO ARMANDO TERNICIER GONZALEZ**

Declaro que soy autor del presente trabajo, que lo he realizado en su integridad y no lo he publicado para obtener otros grados o títulos o en revistas especializadas. Declaro que he contado con la colaboración de la Asociación de Productores de Cerdo, ASPROCER, y del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG.

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT (SUMMARY).....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1. MARCO CONCEPTUAL.....	11
1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
1.1.1. Los efluentes de la ganadería porcina.....	13
1.1.2. Legislación, regulaciones y normativas medioambientales sobre los efluentes de la ganadería.....	30
1.1.3. Evaluación de la condición contaminante de efluentes de la ganadería porcina en Europa y Chile.....	38
1.1.4. Los indicadores ambientales en la formulación de la estrategia de desarrollo sostenible.....	43
1. 2. ENFOQUE DE LA TESIS.....	59
CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN DEL CASO A ESTUDIAR.....	60
CAPITULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	65
3. 1. Tipo de investigación.....	65
3. 2. Variables consideradas.....	66
3. 3. Método de recolección de la información.....	67
3. 4. Procesamiento de la información.....	67
CAPITULO 4. PROPUESTA DEL MODELO TEÓRICO DE INDICADORES.....	69

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Páginas
1. El Ciclo del Nitrógeno.....	25
2. Modelo Presión - Estado – Respuesta.....	47
3. Marco Presión – Estado – Impacto – Respuesta.....	48
4. Modelo FPEIR.....	50
5. Desarrollo de objetivos orientados a los indicadores medioambientales.....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Páginas
1. Carga ganadera total y por especies en países de la Unión Europea.....	39
2. Consumo de fertilizantes nitrogenados y contenido de Nitrógeno en los estiércoles ganaderos en los países de la Unión Europea.....	40.
3. Sistemas de producción animal a nivel mundial.....	57
4. Modelo de Indicadores para evaluar sistemas intensivos de producción de cerdos en Chile.....	75

## RESUMEN

La producción intensiva de cerdos tiene efectos importantes en el medioambiente, principalmente, por la producción de efluentes de la producción animal bajo la forma de estiércol y purines. Cuando estos efluentes no son tratados o manejados de manera adecuada, pueden provocar graves problemas de contaminación de suelos y de aguas superficiales y subterráneas, de contaminación atmosférica, de malos olores y de vectores como moscas y roedores. Un buen manejo y el uso de tecnología apropiada permiten controlar estos efectos y, aún más, aprovechar los estiércoles y purines como abonos orgánicos o como fuentes de generación de energía.

En el caso de Chile, aunque, por una parte, el rebaño nacional porcino es aún relativamente pequeño, existe una alta concentración de plantales en la zona central del país, lo que da lugar a que exista un peligro potencial de contaminación que es necesario evaluar para tomar medidas que lo minimicen. Por otra, esta actividad productiva ha sido exitosa en los últimos años y con fuerte presencia tanto en el mercado nacional como en los mercados externos, por lo que se prevé un crecimiento importante de la masa para satisfacer la creciente demanda de carnes y otros productos de esta especie.

Si bien existen algunas experiencias encaminadas a paliar los efectos que empíricamente se han apreciado en las explotaciones porcinas del país, es necesario realizar mayores investigaciones que permitan evaluar en forma más precisa los tipos y

la magnitud de las contaminaciones que se producen en la práctica. Esta información resulta fundamental no solo para asignar responsabilidades a los diferentes sectores, sino también para poner en práctica las medidas correctoras. Hacer una correcta evaluación como la señalada, requiere del uso de indicadores objetivos que puedan dimensionar la situación nacional y compararla con estándares internacionales.

Este trabajo se enfoca en la propuesta de un modelo teórico de indicadores para realizar una evaluación de las consecuencias de la contaminación con residuos sólidos y líquidos derivados de la producción intensiva de cerdos y en el efecto de las medidas de producción limpia que se implementen. Los indicadores pueden usarse para un diagnóstico de situación, que permita orientar un plan de acción para reducir o controlar los efectos contaminantes o para evaluar los resultados de un plan de acción.

A través del sistema de indicadores propuestos, se busca contribuir al desarrollo de una actividad productiva porcina sustentable a nivel nacional, que sin dejar de ser eficiente desde un punto de vista productivo y económico, no afecte el medioambiente y los recursos naturales relacionados, cumpliendo con la normativa nacional respectiva. Al mismo tiempo, una buena evaluación y la implementación de planes de acción efectivos para reducir los efectos contaminantes de estos sistemas productivos permitirán afrontar de mejor forma, las probables exigencias que pudieran imponer mercados externos.

## **ABSTRACT**

### SUMMARY

The intensive production of pigs has important effects on the environment mainly due to the production of effluents from the animal production in the form of manure and liquid manure. When these effluents are not adequately treated or managed, they can cause serious problems of soil contamination, surface and underground water contamination, as well as atmospheric contamination, such as bad smells, and vectors such as flies and rodents. Good management and use of the appropriate technology permits to control these effects and furthermore, to take advantage of the manure and liquid manure as organic fertilizer or as sources of energy generation.

In the case of Chile, even though the national swine herd is still relatively small, there is a high concentration of livestock in the central zone of the country, which poses a potential risk of contamination that needs to be evaluated in order to take the pertinent measures to mitigate these effects. On the other hand, this production activity has been successful over the last few years, with a strong presence both in the national market and in foreign markets, whereby an important growth of the population is foreseen in order to satisfy the increasing demand of this species' meat and by-products.

Although there are some experiments underway to palliate the effects that have been observed empirically in the country's swine exploitation, it is necessary to carry out larger investigations that enable to evaluate more precisely the types and the

magnitude of the contamination that, in practice, is produced. This information is fundamental, not only to assign responsibilities to the different sectors, but also to put corrective measures into practice. The form of carrying out a correct evaluation as the one mentioned, requires the use of objective and comparable indicators that can gauge the national situation and compare it with international standards.

This work focuses on the proposal of a theoretical model of indicators, that allows to carry out an evaluation of the consequences of both solid and liquid residues contamination originating from intensive pork production, and the effect of the implemented measures of clean production. The indicators can be used for a diagnosis of a situation, enabling the design of an action plan to reduce or control the contaminating effects, or to evaluate the results of an action plan.

The proposed system of indicators seeks to contribute to the development of a sustainable pork production activity on a national level that, without being inefficient from the production and economic point of view, does not affect the environment and its related base of natural resources and complies with the respective national regulation. At the same time, a good evaluation and the implementation of effective action plans to reduce the contaminating effects of these production systems will allow to face, in better conditions, the probable requirements the external markets will impose.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura chilena está experimentando un gran cambio, debido, en gran medida, a la globalización y al desarrollo de tecnologías del conocimiento. Los indicadores de productividad, de comercio y de crecimiento, en general, han aumentado significativamente. Las exportaciones han aumentado en forma sistemática, contribuyendo en forma importante a este desarrollo y transformándose en un desafío y estímulo para la creación de nuevas tecnologías de producción y de gestión acordes con las altas exigencias de los mercados externos.

Cada vez con mayor frecuencia, la nueva agricultura se realiza haciendo uso de prácticas que respetan los derechos de los trabajadores y de las comunidades locales y que son más amigables con el medioambiente. Además, se basa en una mayor confianza y colaboración público-privada y en una mayor consideración de los intereses de los consumidores.

Más allá de un aumento en los volúmenes de producción, Chile apuesta a una agricultura limpia y de calidad que compita con las más desarrolladas del mundo.

La estrategia señalada se basa en una política de Estado que ha impulsado el comercio internacional y el desarrollo de tecnologías e instrumentos orientados a la producción de alimentos sanos

Chile puede continuar desarrollándose en el ámbito agroalimentario y la forma en que la nueva agricultura se organiza, la posibilidad de contar con más y mejores mercados y una actitud emprendedora renovada del sector privado permiten que ello sea posible. Hay una oportunidad en el país, no solo para acrecentar su competitividad y posicionamiento en los mercados externos, sino también para lograr un sector silvoagropecuario sustentable ambientalmente y más equitativo desde una perspectiva económica y social.

La producción de carnes en Chile ha tenido un extraordinario crecimiento desde los años 90 hasta la fecha, pasando de 500.000 toneladas aproximadamente en 1990 a 1.000.000 el 2003 (ASPROCER, 2004). El sector porcino no ha quedado atrás en esta tendencia, presentando un comportamiento particularmente dinámico en los últimos 10 años y alcanzando un aumento anual en la producción de 9,6% entre 1993 y 2003, lo que en términos de animales faenados implica un paso de 2.200.000 a 3.900.000. En el mismo período, la producción de kilos de carne de cerdo en vara aumentó de 172.508 toneladas a 365.343 (ODEPA, 2004).

Este crecimiento de la industria porcina se basa en la capacidad de ofrecer nuevos productos con un mayor valor agregado para satisfacer las necesidades de los consumidores, en el incremento de los puntos de ventas, en la generación de confianza entre los consumidores gracias a la calidad y a la seguridad que entrega el producto, además, del aumento de la demanda de los mercados internacionales. Esta última situación provocó un cambio en el tipo de cerdo producido y aumentó su tamaño (mayor

peso a la canal); característica relacionada directamente con una carne de sabor, textura y calidad, en general, más apetecidas por los consumidores.

El consumo de carne en el país ha aumentado un 85% aproximadamente en los últimos diez años, alcanzando el 2003 los 71.6 kilos. En tanto, el consumo de carne de cerdo *per cápita* anual pasó de 9,3 kilos en 1993 a 18,9 el 2003 (ASPROCER, 2004).

El desarrollo del rubro porcino en Chile ha experimentado hitos relevantes, entre los que destacan: el progreso genético, la campaña de estímulo al consumo nacional de carne de cerdo y la respuesta del sector a la innovación tecnológica. En los últimos años, ha tenido especial importancia el acceso a los mercados externos, es así, como las exportaciones pasaron de 1.515 toneladas de carne de cerdo en 1980 a 22.000 en el 2000 y a más de 100.000 el 2004, con destino a varios países de Sudamérica, Centroamérica y de la Comunidad Europea, además de México, Japón, Corea y Canadá (SAG, 2004).

En el aspecto sanitario, el sector mantiene un nivel expectable, lo que se traduce en un sólido factor de competitividad. La ganadería porcina no presenta ninguna de las enfermedades de la Lista A definidas por la Oficina Internacional de Epizootias (O.I.E.), -pues erradicó la Peste Porcina Clásica en 1998-, y muy pocas de la Lista B (O.I.E, 2000).

## **Problema a enfrentar**

Los sistemas de producción intensiva en confinamiento, donde se concentra un alto número de animales en un espacio reducido, han generado, a nivel mundial, serios problemas medioambientales, entre los que destacan malos olores y contaminación por efluentes. A modo de ejemplo, un criadero de 500 hembras reproductoras, con una producción de 20 cerdos vendidos por hembra al año, produce una cantidad de efluentes similar a una ciudad de 25.000 habitantes (De Camino, 1993)

En el caso de Chile, si bien la población porcina actual no es tan alta en relación con el territorio, la contaminación es un problema potencial siempre presente y que puede recrudecer si no se adoptan medidas. En este sentido, se han hecho esfuerzos importantes en el país como es el Acuerdo de Producción Limpia (APL) suscrito por los productores porcinos, referente de este estudio. Si se considera, además, las cada vez más exigentes normas ambientales internacionales, esta situación puede constituirse en un freno para el crecimiento futuro del sector porcino en Chile, teniendo en cuenta que hoy existen nuevos proyectos que aumentarían significativamente la masa porcina nacional.

La fuente más importante de contaminación de los planteles industriales porcinos la constituyen los purines, los que al no ser tratados, eliminados y/o utilizados de manera adecuada, son considerados residuos contaminantes. Estos elementos, que de esta forma se consideran nocivos, pueden llegar a ser muy beneficiosos, si se utiliza la

tecnología apropiada que permita aprovecharlos como abono orgánico o como fuente generadora de energía. De hecho, la normativa europea, por ejemplo, no cataloga un producto como residuo en todas las circunstancias, sino que considera su destino final y en el caso de los estiércoles se les confiere el carácter de materia prima y su regulación es similar a otros tipos de fertilizantes cuando son valorizados según su reciclado en agricultura (en Bigeriego y Baeriswyl, en el documento Medidas Medioambientales en el Sector Ganadero en Chile: Sector Porcino, diciembre de 2001.)

Los diferentes elementos presentes en los efluentes de la crianza animal pueden jugar un papel muy positivo para la agricultura, en cuanto a:

- Alimentación de las plantas y mejor desarrollo de cultivos.
- Enmiendas de suelos.
- Reducción del uso de abonos minerales.
- Reciclaje de elementos nutritivos para los animales.

El impacto sobre el entorno de las grandes unidades intensivas debe ser asumido por los productores en coordinación con el Estado. Este último tiene la doble responsabilidad de fomentar esta actividad económica y de preservar la calidad del medioambiente. Igualmente, se deben considerar los elevados costos de los proyectos medioambientales, lo que, en principio puede afectar la rentabilidad de la industria porcina.

En síntesis, es necesario impulsar un manejo eficiente y sustentable de los recursos productivos de los sistemas productivos porcinos y de los recursos naturales que están asociados a ellos. Esto significa encontrar un adecuado equilibrio entre las medidas para prever la contaminación ambiental de estos sistemas y asegurar su permanencia como actividad productiva económica, la que claramente beneficia al país. Considerando la importancia de los mercados externos de esta actividad, debe cuidarse que la legislación ambiental que se aplique, junto con asegurar los requerimientos nacionales e internacionales de protección medioambiental, no exceda la de los países o bloques con los cuales se comercializa, evitando que se constituyan en un factor de competencia desleal para los productores nacionales.

### **Tema a abordar**

Como ya se señaló, la producción intensiva de cerdos tiene efectos importantes en el medioambiente, principalmente, por la producción de efluentes de la producción animal bajo la forma de estiércol y purines. La problemática ambiental relacionada a esta forma de polución está ligada a la capacidad de fijación de ciertos elementos en el suelo y a la contaminación de cursos de agua y de las napas freáticas del suelo.

En muchos casos, el daño potencial ambiental de este tipo de efluentes tiene que ver con un desequilibrio entre la cantidad de estiércol producido por los animales y la superficie de suelos agrícolas disponible para absorberlo.

Algunos de los efectos más importantes de este tipo de contaminación son la del suelo y el agua con nitratos, la eutricación de las aguas y la pérdida de oxígeno en ellas y la contaminación del aire por gases derivados de la descomposición de los purines, como es el caso del metano.

Un referente para el tema a abordar en este trabajo y que se constituyó en el caso a estudiar es el Quinto Acuerdo de Producción Limpia (APL), suscrito el 31 de diciembre de 1999 por 38 empresas productoras de cerdos de las Regiones V, VI, VII, VIII y Región Metropolitana de Chile. Estas empresas agrupan 130 planteles de cerdos, que representan el 80% de los planteles del país, muchos de los cuales son proveedores de la industria exportadora de carnes de cerdo a mercados de altas exigencias en el mundo. En este Acuerdo, los productores de cerdos se comprometieron a adoptar medidas de producción limpia ("Medidas de Buen Manejo") en el manejo de residuos sólidos y líquidos y en el control de olores y de vectores; es decir, las empresas usarían tecnologías limpias para alcanzar estándares ambientales superiores y mejorar sus niveles de competitividad.

El sistema de producción limpia planteado en Chile, como es el caso del APL porcino, es todavía muy reciente y requiere de maduración; aún falta un sistema de evaluación de resultados más preciso que permita conocer con exactitud el avance en materia de gestión ambiental que promueve. Es por esto que, además de medir el grado de cumplimiento de las medidas de buen manejo comprometidas en este tipo de proyectos, es necesario evaluar el impacto de los principales tipos de contaminación originados por estas

explotaciones, a través de indicadores que midan sus efectos. Estas mediciones permitirán comparar la situación existente en los planteles antes de la intervención con la resultante luego de aplicar medidas de mitigación o de control de los factores de contaminación, así como caracterizar y comparar la condición de las diferentes explotaciones. Además, se podrá comparar la situación de nuestro país con la situación de otros países y responder adecuadamente a los estándares y exigencias de los mercados externos.

Adicionalmente, se prevé que las exigencias ambientales y de manejo animal que impondrán algunos países para el comercio exterior de cerdos y sus productos, harán necesario la certificación oficial de las medidas de buen manejo que se apliquen en el aspecto ambiental y, probablemente, también en relación con el bienestar animal. Esta certificación podría sumarse a la sanitaria que actualmente hace el SAG en los planteles porcinos de origen de las exportaciones.

### **Hipótesis de trabajo**

El modelo teórico de indicadores propuesto permitirá, en general, evaluar el impacto ambiental, social y económico de los sistemas intensivos de producción porcina y, en particular, medir el impacto de la adopción de las medidas de producción limpia implementadas por programas de buenas prácticas de manejo, como es el Quinto

Acuerdo de Producción Limpia en Planteles Porcinos de la V, VI, VII, VIII y Región Metropolitana en Chile.

### **Objetivo del estudio**

El objetivo específico de este estudio es ofrecer una propuesta de un modelo teórico de indicadores de impacto ambiental, social y económico de sistemas intensivos de producción porcina que permita:

- a) A los productores porcinos contar con una herramienta de auto evaluación de los impactos ambientales, sociales y económicos de sus explotaciones y del efecto de las medidas que adopten para reducir esos impactos.
  
- b) A los organismos controladores evaluar los impactos ambientales, sociales y económicos más importantes de las explotaciones porcinas intensivas, así como el cumplimiento de las medidas o buenas prácticas de manejo que se utilicen para reducir los efectos de esos impactos.

### **Contribuciones**

Las contribuciones más relevantes del trabajo son:

- a) El sistema de indicadores propuesto podría constituirse en una pauta de referencia a ser utilizada por el SAG para la certificación oficial de exigencias medioambientales de terceros países.
  
- b) El sistema propuesto entregará elementos para el futuro desarrollo de una matriz de análisis del impacto de medidas de buen manejo ambiental en sistemas intensivos pecuarios.
  
- c) Para los productores porcinos, este trabajo contribuirá a la innovación a través de la evaluación tanto del impacto ambiental de sus sistemas productivos como de las buenas prácticas de manejo que puedan implementar para paliar sus efectos. Todo ello con la perspectiva de obtener ventajas económicas originadas por un ahorro en el gasto de energía y de insumos y la posibilidad de proyectarse a mercados más exigentes en cuanto a producción limpia e inocuidad alimentaria.
  
- d) Este trabajo, también, será una contribución a la investigación de sistemas productivos ganaderos de mayor sustentabilidad y que puedan llegar a transitar hacia la producción orgánica.

## **CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL**

En este capítulo se hace una revisión bibliográfica encaminada a recoger los conceptos principales relacionados con la producción y el uso de efluentes derivados de las producciones ganaderas y de los sistemas intensivos de crianza porcina en particular; a la recopilación de las normativas que se establecen en los países productores de cerdos, y a la conceptualización y aplicación de indicadores para la evaluación de impacto ambiental, económico y social de estos sistemas productivos.

Igualmente, se incluye el enfoque de la tesis y se entrega una visión del conocimiento que se tiene o que falta para un desarrollo más sustentable de sistemas de producción intensivos ganaderos y el uso de indicadores de impacto ambiental social y económicos aplicables a ellos. A partir de la premisa que no hay muchas experiencias en la evaluación de este tipo de intervenciones en Chile, un enfoque de esta tesis es reforzar el conocimiento sobre indicadores aplicables a sistemas intensivos de producción porcina en el país.

### **1.1. Revisión bibliográfica**

En la primera parte de este capítulo, a partir de una revisión de la bibliografía existente, se hace una caracterización de los efluentes derivados de la ganadería porcina y de los efectos contaminantes que ellos pueden tener sobre los recursos naturales y el

medioambiente. Se incluye, además, información sobre lo que señala la literatura para el buen manejo de los efluentes de la ganadería y su uso eventual como fertilizantes de la agricultura, en enmiendas de suelos, como aportes de nutrientes y como fuente de energía.

Luego, se hace una revisión de la legislación y de la normativa que existe actualmente a nivel internacional y nacional, respecto a prevención, control y manejo de efluentes de la ganadería, particularmente, de la porcina.

Los efectos contaminantes de la ganadería porcina varían según el tipo de agricultura que se haga en un determinado lugar, el tipo de sistemas productivos de los animales usados y las características geo-climáticas de la zona, entre otros factores. Por tal motivo se hizo una revisión comparativa para determinar cómo se observan esas características en el caso de Europa y en Chile. Esta caracterización propia de cada lugar es muy importante para hacer un correcto diagnóstico e implementar un plan de acción justo y acertado. Así mismo, esta evaluación diferenciada es vital para definir las normas de regulación y el control de este tipo de efluentes que se apliquen en un territorio o en un país.

Considerando que el propósito de este trabajo es proponer un sistema de indicadores que permita hacer una evaluación de la condición de contaminación ambiental en una granja porcina, en un territorio determinado o un país bajo amenaza de ver afectado sus ecosistemas por este tipo de contaminación, gran parte de la revisión

bibliográfica está orientada al tema de indicadores. Comprende una exhaustiva revisión bibliográfica relacionada con la conceptualización de indicadores, los antecedentes existentes sobre indicadores de impacto ambiental, económico y social y los indicadores ambientales en el contexto de la formulación de desarrollo de una estrategia de desarrollo sostenible. La investigación incluye los antecedentes bibliográficos que pudieron encontrarse respecto a indicadores que se hubieran utilizado o sean aplicables a sistemas intensivos de producción ganadera.

#### **1.1.1. Los efluentes de la ganadería porcina**

La mantención de animales de cría y engorda bajo sistemas intensivos de explotación es uno de los mayores problemas ambientales a nivel mundial, con efecto principalmente sobre los suelos y los cursos de agua superficiales y subterráneas. La polución de origen agrícola proviene en gran parte de la crianza animal.

A modo de ejemplo, una vaca lechera en producción produce 1,50 m<sup>3</sup> de deyecciones al mes, o sea 534 m<sup>3</sup>/mes en un año. Un cerdo, dependiendo de su edad, tipo de alimentación y estado fisiológico, puede producir entre 0,10 y 0,60 m<sup>3</sup> de deyecciones al mes (Jabourg, 1990).

Para abordar soluciones eficaces a este problema, es necesario precisar y reconocer los diferentes factores que originan los problemas que actualmente se presentan. Entre ellos, los más importantes son:

- La concentración de producciones animales en ciertas regiones, como es el caso de aves y porcinos.
- La mala gestión en el manejo de guanos.
- La aplicación de guanos como abonos agrícolas, en momentos no adecuados del ciclo de crecimiento de las plantas.
- La mala gestión de los abonos químicos (minerales) en combinación con el uso de los abonos orgánicos.
- La falta de conocimiento de los factores geo-climáticos.

Los efluentes de la ganadería tienen orígenes diversos. Ellos corresponden a las deyecciones (estiércol y orina) de los animales, los cuales se presentan en diferentes formas, los jugos de los ensilajes u otros forrajes, las aguas servidas provenientes del lavado de corrales y otras construcciones, las aguas que se suman a las deyecciones como son las de los abrevaderos y las aguas lluvia (Jaubourg, 1990).

Las deyecciones o estiércoles de los animales pueden presentarse como guanos o como purines. El guano es un producto sólido que se encuentra en su estado natural; es una mezcla de proporciones variables de cama, de residuos vegetales y de deyecciones animales sólidas y líquidas. El purín es la fracción líquida que se cuela del guano y está compuesto en gran parte por la orina de los animales, con un tenor en materia seca de solamente 5%. Los guanos son diferentes según el tipo de animal que los produce y el tipo de crianza y su tenor de materia seca es superior a 20%.

La amplitud del problema se debe a la producción diaria de deyecciones por animal, que es del orden del 6 al 10% de su peso vivo, dependiendo de la especie (Addiscott, 1992).

En la actualidad, la aplicación de los efluentes de la ganadería sobre los suelos destinados a praderas o cultivos es el método principal de eliminación de esos efluentes en regiones de climas templados, los que son considerados como fertilizantes de primer orden en la economía de producción agrícola. La humificación y la mineralización de esos residuos orgánicos pueden, en efecto, contribuir al mejoramiento de las cualidades físico-químicas del suelo y estimular el crecimiento y la nutrición de las plantas. Sin embargo, en exceso, pueden provocar graves contaminaciones orgánicas y minerales.

La utilización de los efluentes de la ganadería como abonos orgánicos representa una oportunidad y un riesgo para la agricultura, por lo que deben ser usados de manera equilibrada, a fin de que sus ventajas no se transformen en daños para el medio ambiente, la salud de la población, los cultivos y los recursos naturales (Sáenz y Stuardo, 1998).

Los diferentes elementos presentes en los efluentes de la ganadería pueden jugar roles muy positivos para la agricultura como: alimentación de las plantas, enmiendas de suelos con efectos favorables sobre su estructura, reducción potencial del uso de abonos químicos y reciclaje de los elementos nutrientes del ganado.

Sin embargo, el exceso de Carbono (C), de Nitrógeno(N) y otros elementos como el Fósforo (P), el Potasio ( K), el Azufre (S) el Cobre (Cu) y el Zinc (Zn), en ciertas dosis de aplicación y bajo determinadas formas, representan también un peligro. En exceso o mal utilizados, producen contaminación atmosférica (volatilización de amonio) y contaminación de las aguas (por lavado de los nitratos) y de los suelos (por enriquecimiento excesivo de P y K). Sus excesos pueden afectar la cantidad y la calidad de las cosechas (debido a enfermedades en los cereales, reducción en el tenor de azúcar en la remolacha, etc.) (CE, 1986), y producir contaminaciones microbianas que pueden provocar enfermedades infecciosas, ya sea a las plantas, los animales o los humanos.

De los elementos nombrados, el de mayor efecto y preocupación es el nitrógeno. Su tenor en cada efluente depende de la especie animal, de la alimentación, del sistema de recuperación y conservación de los efluentes, del grado de dilución o deshidratación de los guanos, de la duración de la descomposición, de la manera que son tratadas las deyecciones, del tipo de cama que se use para los animales y de la aireación de los efluentes y de la temperatura.

Para todos los países miembros de la Unión Europea, el único elemento de los abonos minerales y orgánicos que con carácter general y obligatorio se regula desde el punto de vista medioambiental es el nitrógeno, pues la materia orgánica y los otros minerales, al tener escasa movilidad en el perfil del suelo no inciden significativamente en la contaminación de las aguas subterráneas (Bigeriego, 2003).

La alta demanda de alimentos a nivel mundial ha provocado cambios en los sistemas de producción agraria, que para el caso de la ganadería han significado un fuerte incremento en la carga ganadera, ya sea aumentando el número de cabezas en pastoreo o mediante la crianza intensiva que permite una alta densidad de animales en una superficie mínima de suelo. Este cambio ha sido más drástico en algunas especies como es el caso de las aves y los cerdos. Así mismo, esto ha provocado un cambio en la distribución animal en los territorios, apareciendo en ciertas zonas una alta concentración ganadera, que es la causa principal de los problemas medioambientales.

Las existencias mundiales de cerdos han sobrepasado los mil millones de cabezas, de las cuales, el 60 % corresponde a Asia, y el 21%, a Europa. En este último continente, el problema ha llegado a ser crítico por la alta densidad y concentración de la población porcina, en aquellos países que -además de tener una ganadería porcina muy difundida-, poseen una superficie territorial pequeña. Sudamérica posee una masa ganadera porcina de alrededor de 60 millones de cabezas, lo que representa un 6% de las existencias mundiales.

En el caso de Chile, el sector porcino ha tenido un comportamiento muy dinámico y un gran desarrollo tecnológico, que ha significado un crecimiento de los planteles industriales. La población porcina del país es de un poco más de cuatro millones de cabezas y si bien la productividad ha estado basada fundamentalmente en una mayor eficiencia productiva, a través del manejo genético y las crianzas intensivas, se espera

un aumento significativo de las existencias en los próximos años producto del crecimiento de la demanda interna y externa de las carnes de estos animales.

La mayoría de los planteles de crianza y engorda se concentran en la zona central del país; las regiones Metropolitana y VI en conjunto, concentran el 55% de las existencias. Esta alta concentración y la cercanía de estos planteles a las zonas urbanas en estas regiones del país, aumenta los riesgos de contaminación de las cuencas hidrográficas donde se asientan y, también, otras formas de contaminación como son los olores y la proliferación de vectores como moscas y roedores.

Los sistemas intensivos confinados de producción porcina implican mantener toda la masa de animales y durante todo el ciclo productivo (gestación, parición, lactancia, crianza, recría y engorda) bajo confinamiento, utilizando la menor área posible y en instalaciones que no permiten el acceso de los animales a campo abierto. Esta forma de alojamiento de los animales hace que sea necesario limpiar y lavar permanente sus instalaciones, lo que incrementa la cantidad de purines que deben ser sacados al exterior para ser acopiados y tratados o ser aplicados directamente sobre los suelos disponibles en los alrededores, ya sea que estén desnudos o dedicados a praderas u otros cultivos.

A continuación, se hace una caracterización de las formas de contaminación de los efluentes porcinos y sus formas de tratamiento

### **Residuos sólidos y líquidos de las explotaciones porcinas**

Los residuos que se generan en las explotaciones porcinas dependen del tipo de explotación, ya sea por crianza convencional estabulada confinada o por crianza estabulada abierta (llamada deep bedding o cama caliente). En la crianza convencional, los animales son mantenidos en corrales sobre piso falso, el que es lavado diariamente, y los residuos generados corresponden a una suspensión acuosa que es el purín, el cual contiene las excretas animales líquidas y sólidas, el agua de lavado de pisos y la cama animal propiamente tal (paja, viruta u otro material) compuesta mayoritariamente por residuos vegetales fibrosos. En cuanto a la crianza estabulada abierta, todas las excretas van siendo contenidas por una cama vegetal, la que es retirada como residuo sólido una vez que la camada pasa a otra fase de crianza, o llega a su peso final de sacrificio (INIA,2003).

Los purines pueden ser dispuestos directamente sobre las superficies de suelos disponibles en el plantel o ser sometidos a tratamientos para su estabilización. Los tratamientos pueden ser convencionales o naturales.

Los sistemas convencionales de tratamiento corresponden a operaciones mecánicas que requieren de una alta inversión, por lo que son recomendables en planteles que generan altos flujos de purines, que tienen superficies limitadas de terreno o que se ubican en zonas con climas de alta pluviosidad. Hay una fase primaria en el tratamiento que consiste en la ecualización-homogenización y la separación sólido-líquido del flujo. En la primera operación se garantiza un flujo y una composición lo

más constante posible de los purines. La separación permite realizar de mejor forma el almacenamiento de los desechos, reduciendo la generación de olores y manteniendo el contenido nutritivo del desecho. El tratamiento secundario consiste en la transformación biológica de materia orgánica compleja a material estable (orgánico simple ó inorgánico), lo que se consigue mediante sistemas de tratamiento aeróbico ó anaeróbicos. El sistema aeróbico no se utiliza en el caso de purines porcinos, por ser inaplicable técnica y económicamente. La degradación anaeróbica o fermentación tiene las siguientes ventajas: se obtiene un líquido menos oloroso que el purín, puede obtenerse un fertilizante natural de alta calidad, se puede disponer de una fuente de energía como es el biogás, se reducen los patógenos del purín y se reducen los huevos de gusano y de moscas.

Los métodos naturales de tratamiento de purines incluyen el uso de sistemas de lagunas y aplicación al suelo de lodos y purines. En este caso, se desarrollan tratamientos primarios y secundarios en forma paralela.

El productor podrá optar por una u otra posibilidad de manejo de sus purines, dependiendo del tamaño de su explotación, del tipo de suelos, del clima local, de las determinantes legales y normativas nacionales y locales y de los costos de inversión y de operación del sistema proyectado.

Los métodos de tratamientos naturales concitan el máximo de interés como una alternativa de tratamiento de aguas para el sector porcino en Chile (INIA, 2003).

La caracterización de los purines de un plantel es fundamental para la selección del sistema de tratamiento. Se entiende por caracterización, los valores de concentraciones de compuestos químicos, valores de parámetros biológicos y físicos del purín y el caudal de este flujo.

Los principales parámetros que se necesitan para el diseño del sistema de tratamiento de purines son:

- Flujo medio total diario (m<sup>3</sup>/día)
- Demanda biológica de oxígeno DBO (mg/l)
- Sólidos volátiles (mg/l)
- Nitrógeno total (mg/l)
- Fósforo (mg/l)

Los compuestos o constituyentes del purín pueden ser transformados por distintos procesos. A continuación, se muestra el destino que tienen los principales constituyentes de los purines dentro de los sistemas de tratamiento:

**Nitrógeno (N)**: es un constituyente común en aguas residuales de origen agrícola. La eliminación del nitrógeno ocurre gracias a la absorción de éste por las plantas por volatilización de amonio y por desnitrificación. Algo de nitrógeno se pierde por lixiviación, aunque el objetivo es la minimización de este proceso. El nitrógeno es, lejos, el constituyente de mayor preocupación por su alta movilidad en los sistemas de tratamiento.

**Fósforo (P):** este elemento, en general, permanece en forma de fosfato, ya que cuando se mineraliza, precipita rápidamente. Los coloides del suelo absorben fosfato, por lo que el fósforo es un elemento muy poco móvil en los sistemas de tratamiento. El excedente de fósforo es absorbido por las plantas.

**Materia orgánica y DBO:** el principal efecto de la materia orgánica en el medio líquido, es la demanda biológica de oxígeno (DBO). En los sistemas de tratamiento naturales, la DBO disminuye rápidamente en la medida que los materiales orgánicos son degradados por descomposición aeróbica. Si la descomposición producida es anaeróbica, la tasa de disminución del DBO es menor. Un líquido que posee un contenido orgánico muy alto (alto DBO) tiende a degradarse de forma anaeróbica, generando olores, si no existe control.

**Sólidos suspendidos (SS):** en los sistemas de tratamiento terrestre, el suelo filtra los sólidos suspendidos. En los sistemas de tipo acuático, los SS son depositados en el fondo del cuerpo del agua donde finalmente son degradados.

**Patógenos:** los patógenos son efectivamente destruidos por los tratamientos de tipo natural.

**Sodio y otras sales:** los problemas principales del exceso de sales en la solución del suelo son la inhibición parcial de la actividad microbiana y algún daño a las plantas. Cuando el sodio está en exceso, la permeabilidad del suelo se reduce. La forma de

evitar esta acumulación de sales en el perfil del suelo es a través de la aplicación de agua de drenaje en cantidad suficiente para movilizar las sales en profundidad.

## **Contaminación de suelos y aguas y la importancia del Nitrógeno**

### **Contaminación de suelos:**

La aplicación de guano o purín en el suelo puede tener efectos nocivos sobre la calidad de los suelos, debido a la influencia de componentes como: la materia orgánica, el nitrógeno, el potasio, el cobre, el zinc y la acidez.

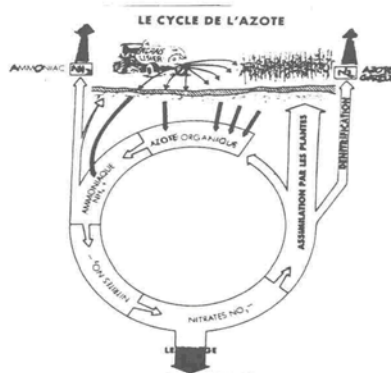
La utilización del nitrógeno contenido en los efluentes por parte de las plantas depende de la forma en que esté disponible, del momento y la calidad de la aplicación y del tipo de cultivo. La parte no utilizada del nitrógeno puede acumularse en el suelo o traspasarse hacia el agua.

El nitrógeno contenido en los abonos orgánicos se encuentra, principalmente, en la forma amoniacal a razón de un 40 a 60% (CE, 1986), la que está disponible rápidamente para las plantas. El resto es degradado en nitratos asimilables para ser incorporado en la fracción orgánica del suelo. Este nitrógeno puede ser quitado por las cosechas, por la lixiviación de nitratos o por desnitrificación. El nitrógeno en el suelo puede estar de diferentes formas y se transfiere continuamente desde formas orgánicas a minerales (mineralización) o viceversa (organización).

La forma en que se comporten las materias orgánicas residuales de la ganadería depende de la capacidad de liberación del nitrógeno bajo formas nítricas, existiendo dos posibilidades:

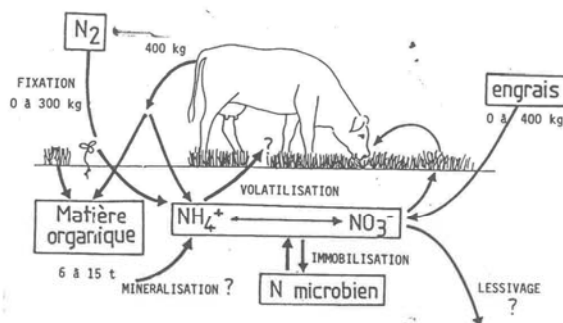
a) Ciertos tipos de abonos contienen una proporción importante de nitrógeno en forma mineral ( $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_3$ ), como en el caso de los purines. Si este nitrógeno amoniacal es aplicado a las plantas en crecimiento, podrá ser absorbido por sus sistemas radiculares después de una rápida transformación en nitrógeno nítrico; sin embargo, si es aplicado en exceso, será rápidamente lixiviado hacia las aguas. Si el nitrógeno encuentra en el suelo una cantidad suficiente de carbono (cereales, pajas), contribuirá a formar humus, el cual libera lenta y gradualmente el nitrógeno absorbido por las plantas. A la larga, esta vía es la menos contaminante. Por último, hay una parte del nitrógeno mineral que se libera como gases de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) por volatilización y otra parte se percola a través del suelo en forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ).

b) Hay otros tipos de abonos que contienen poco nitrógeno en forma mineral y en los cuales la forma orgánica es predominante. Una vez incorporados al suelo, formarán humus, que por mineralización, restituirá inmediatamente materias minerales al suelo, provocado por la actividad microbiológica del suelo. Los iones minerales formados de esta manera servirán de alimentación a las plantas o serán derivados igual que en el caso anterior, si las plantas no están en el período de aprovecharlos.



Source: Peeters, 1998

#### Cycle de l'azote sur prairie



Source: Peeters, 1997

41

Figura N° 1 El Ciclo del Nitrógeno  
Fuente: Peeters, 1997

### Contaminación de aguas

Los parámetros más representativos de la calidad de agua, superficial o subterránea, para zonas ubicadas sobre acuíferos de alta vulnerabilidad, son: coliformes fecales; DBOs; Fosfatos; Nitratos; Oxígeno disuelto; pH; Sólidos disueltos;

temperatura; y turbidez. Como ya se ha señalado, de estos parámetros, el más trascendente es el de nitratos, por el mayor riesgo de contaminación de las aguas subterráneas que existe con este elemento, debido a su gran movilidad.

La aplicación en exceso de efluentes de la ganadería sobre el suelo puede significar la acumulación de sustancias que pueden transmitirse hacia las aguas superficiales o a las aguas subterráneas a través de dos tipos de procesos físicos:

**a) Esguerrimiento en las aguas de superficie.** Éste depende del régimen pluviométrico y de la capacidad de infiltración del agua en el suelo y puede implicar minerales que serán transferidos de esta manera del suelo hacia los cursos de agua.

**b) Lixiviación en el caso de las aguas subterráneas.** Éste depende de la permeabilidad del suelo y también del régimen pluviométrico e incluye minerales que percolan en el suelo hacia las reservas de agua.

Por el efecto del esguerrimiento, se puede evidenciar un primer tipo de contaminación consistente en la acumulación de nitrógeno y fosfatos en las aguas superficiales. El enriquecimiento de las aguas superficiales en sustancias nutritivas estimula el crecimiento de algas y de bacterias, las que, a su vez, utilizan como fuente de energía la materia orgánica producida por las algas. Este proceso puede provocar una fuerte disminución del tenor en oxígeno del agua, con lo cual ésta disminuye las posibilidades de ser utilizada para determinados fines. Las algas pueden tener efectos

sobre la luminosidad y el tenor de oxígeno en las aguas, ya sea por un efecto de sombra o por la acción de bacterias que absorben el oxígeno al descomponer las algas. Este proceso es un gran peligro para los demás organismos vivos, pues resultan envenenados; este efecto es el que se denomina eutricación del agua.

Se considera que la aceleración de la desoxigenación se debe, sobretodo, al fósforo, porque hay evidencias que en condiciones normales este elemento es el menos abundante. Desde el punto de vista de la salud pública, el tenor de nitrógeno del agua potable producida a partir de napas freáticas es netamente más importante que el tenor de fósforo.

De acuerdo con la normativa internacional, se considera como aguas afectadas por la contaminación nitrogenada, aquellas que superan los 50 mg. /l de nitratos o 10 mg. /l. de nitrógeno (en Bigeriego, 2003).

### **Contaminación del aire**

La aplicación de efluentes de la ganadería conlleva problemas de olores y de liberación de gases que pueden ser muy nocivos para el ambiente, la salud y el bienestar de la población. Los gases más importantes son el metano (inodoro) y los sulfuros (olor a huevo podrido). Una fuerte concentración de estos gases puede ser nociva y en el caso del metano se conoce su participación en el efecto invernadero sobre la atmósfera.

### **Efectos en la salud pública**

Los efectos de los abonos orgánicos sobre la salud pública son, principalmente, causados por la acumulación de nitratos en exceso en los ecosistemas agrícolas. Las patologías específicas que pueden producir son: la enfermedad azul y el cáncer de estómago.

### **Generación de olores**

La alimentación de los cerdos rica en nutrientes, como nitrógeno y azufre, genera gases amoniacales y sulfurados, debidos, principalmente, a la descomposición de excretas, guano y purines, que son los responsables de los malos olores y de la atracción de vectores. Esto se ve favorecido por las altas temperaturas, la humedad ambiental y la mala ventilación. Los gases que se producen durante la descomposición de la materia orgánica son producto de la fermentación bacteriana que puede ser aeróbica y anaeróbica.

La acumulación de polvo en suspensión impregnado de excretas favorece la diseminación de olores que el viento puede llevar fuera del predio y que se transforma en un factor de conflicto con las propiedades y las poblaciones vecinas. De ahí, la importancia del aseo de las instalaciones en el manejo de los olores dentro de la explotación animal.

Otras fuentes de olores dentro del predio son la manipulación y el transporte de excretas, la agitación del material en los tanques de almacenamiento de guano y la emisión a partir de los guanos o purines aplicados al suelo.

La propagación de olores y vectores son motivo de reclamos y denuncias por parte de la comunidad y de las autoridades locales o ambientales, lo que afecta la imagen pública de esta actividad productiva tanto a nivel nacional como crecientemente en los mercados internacionales.

Las tecnologías para controlar los olores pueden ser de tres tipos:

- a) Las que reducen la generación de olores (reducción de nutrientes en residuos, aditivos químicos o biológicos).
- b) Las que disminuyen la emisión de olores (biofiltros).
- c) Las que incrementan la dilución de olores (ventiladores, barreras vegetales).

### **Proliferación de vectores**

Los principales vectores atraídos por los olores en los planteles porcinos son moscas y roedores.

Los métodos de control de la mosca son biológicos, químicos o mecánicos, los que se deben complementar con un correcto manejo de los residuos en el predio y con normas estrictas de aseo y desinfección.

Un buen esquema de control de roedores debe considerar las siguientes prácticas:

- Mantener bodegas de alimentos protegidas, ordenadas y limpias.
- Mantener ordenados los materiales que favorezcan la anidación y proliferación de ratones como cajas, sacos de alimentos, henos, materiales para las camas, etc.
- Desmalezar periódicamente.
- Mantener trampas ubicadas adecuadamente.
- Mantener los desagües con rejillas.
- Uso de rodenticidas efectivos y autorizados.

### **1.1.2. Legislación, regulaciones y normativa medioambiental sobre los efluentes de la ganadería**

En cuanto a normativa, un referente importante es la legislación de la Unión Europea, la cual ha debido hacerse más estricta en los últimos años como consecuencia de los graves problemas ambientales, los que -cómo se explicó anteriormente-, se han agudizado en ese continente por el aumento de las cargas ganaderas.

La normativa europea se relaciona con cuatro áreas: el impacto ambiental de las explotaciones, la regulación de los vertidos, la gestión de los residuos y la valorización agrícola de los estiércoles. La legislación sobre impacto ambiental es muy exigente para la autorización de la instalación de explotaciones intensivas de gran tamaño, pero la preocupación fundamental en la UE es la gestión adecuada de los estiércoles.

Recientemente, en julio de 2002, entró en vigor en los países miembros de la UE, la Directiva 96/61/CEE sobre prevención y control integrados de la contaminación, IPPC, mediante la cual se obliga a las explotaciones avícolas y porcinas de cierto tamaño reducir y controlar las emisiones contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo, mediante el establecimiento de un sistema de prevención y un control integrado de la contaminación, usando la Mejor Tecnología Disponible (BAT). Ello significa una Autorización Ambiental Integrada para la construcción, el funcionamiento o el traslado de una explotación ganadera intensiva. Respecto a las existentes, deberán hacer las adaptaciones correspondientes para cumplir con la autorización ambiental integrada, antes del 30 de octubre de 2007 (Directiva 96/61/CEE).

Para el caso concreto de las instalaciones ganaderas, la ley contempla que en el momento de fijar las normas sobre gestión y control de residuos, los organismos competentes deberán tener en cuenta las consideraciones prácticas de dichas actividades, considerando los costos v/s las ventajas de las medidas que se vayan a adoptar.

La misma Directiva obliga a todos los establecimientos afectos a informar a la autoridad competente las emisiones de todos los contaminantes, cuyos valores umbrales se hayan superado. Algunos de los valores umbrales son: Metano, 100.000 .kg. /año; Amoniaco, 10.000 kg. /año; Nitrógeno total, 50.000 kg. de N/año.

La normativa europea que regula la gestión de residuos (guanos y purines) se basa en la Directiva 91/156/CCE. En esta ley se contempla que cuando los estiércoles ganaderos se utilicen agrícolamente, no estarán considerados como residuos y su regulación se efectuará bajo la normativa de la Directiva 91/676/CEE. (Directivas 91/156/CEE y 91/676/CEE)

La normativa europea, por tanto, no cataloga un producto como residuo en todas las circunstancias, sino que tiene en cuenta el destino final del producto y para el caso concreto de los estiércoles, cuando se valorizan por su reciclado en agricultura, se les confiere el carácter de materia prima y su regulación es similar a la de otros tipos de fertilizantes (Bigeriego, 2003).

La Directiva 91/676/CEE regula la protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de las fuentes agrarias, siendo obligatoria para todos los países miembros de la Comunidad. Ello ha adquirido especial importancia por el agravamiento del problema ambiental, en especial, en países del norte de Europa con una alta carga ganadera y una agricultura muy intensiva, que ha provocado una elevación del contenido de nitrato de origen agrario en sus aguas. Esta Directiva desarrolla el concepto de Zona Vulnerable, como aquellas partes del territorio cuyas aguas subterráneas superan una concentración de nitratos de 50mg. /l y las aguas superficiales se encuentran en estado de eutrofización o superan una concentración de nitratos de 50mg. /l.

El objetivo de la Directiva 91/676/CEE es la reducción de contaminación provocada por los nitratos de origen agrario; por lo tanto, no se aplica si se demuestra que la contaminación de nitratos es de fuentes distintas a la agraria, pudiendo ser consecuencia de actividades urbanas o industriales.

Una vez demostrado el origen agrario de la contaminación, hay que tener en cuenta que, además de los efluentes propios de los animales, los abonos minerales sintéticos utilizados en proporciones inadecuadas son causantes también de contaminación de las aguas por nitratos. Esta información resulta fundamental no solo para asignar responsabilidades a los diferentes sectores, sino también a la hora de poner en práctica las medidas correctoras, pues si se quiere que éstas resulten eficaces y eviten la contaminación por nitratos es imprescindible conocer con exactitud en qué proporción participan en dicha contaminación de las aguas, los diferentes compuestos nitrogenados utilizados en la agricultura (Bigeriego, 2003).

La Directiva considera, además, las Buenas Prácticas Agrícolas como un medio de prevención y solución de los problemas contaminantes medioambientales de los estiércoles. Estas prácticas se hacen obligatorias en las zonas declaradas como vulnerables y pasan a constituir un Programa de Acción para esa zona. En los Programas de Acción se limita que la cantidad de estiércol aplicado anualmente no puede sobrepasar la cantidad de 170 kg. de nitrógeno por hectárea. Este límite podría variar, si se presentan estudios fundados en un país que puede demostrar que dadas las condiciones de sus suelos, el clima, las precipitaciones y otros factores, no hay un

incremento de la contaminación de nitratos con aportaciones más altas de nitrógeno. Esto es un dato muy importante para el caso chileno.

La declaración de Zonas Vulnerables en la UE se basa en los controles analíticos de contenido de nitratos a partir de muestras de agua que periódicamente son recogidas en puntos de muestreo de la red de aguas superficiales y subterráneas que se establecen en las diferentes cuencas hidrográficas. Para establecer el origen agrario de la contaminación, se recurre al estudio de balance de nitrógeno donde se calcula los posibles excedentes de nitrógeno agropecuario, estimando la diferencia producida entre las aplicaciones de nitrógeno proveniente de todas las fuentes y las extracciones de los cultivos.

### **Normativas medioambientales en Chile**

En Chile, la legislación ambiental se presenta aún muy dispersa, con distintos niveles de regulaciones aún muy parcelados (leyes, decretos supremos, resoluciones ministeriales, resoluciones de distintos servicios) y con atribuciones de muy variadas instancias.

Existe una normativa general sobre medio ambiente, contenida en dos cuerpos legales:

- Ley 19.300 “Bases Generales del Medio Ambiente”

- Decreto Supremo N° 30 de 1997 del Ministerio Secretaría general de la Presidencia, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Para los residuos sólidos, existen las siguientes disposiciones vigentes:

- Resolución N° 5081 de 1993 del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (hoy SEREMI de Salud metropolitana) que “Establece el Sistema de Declaración y Seguimiento de los Desechos Sólidos Industriales”
- Decreto Ley N° 3.557 de 1980 del Ministerio de Agricultura que “Establece Disposiciones sobre Protección del Suelo, Agua y Aire”.
- Decreto Supremo N° 745 de 1993 del Ministerio de Salud, “Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los Lugares de Trabajo”.
- D.F.L. N° 725 de 1967 del Ministerio de Salud, Código Sanitario.

En residuos líquidos, se aplican las anteriores y otras disposiciones relacionadas, como son:

- Decreto Supremo N° 867 de 1978 del MOP que declara NCh.1.333, Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos.

- Resolución N° 350 de 1983 del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, que prohíbe el cultivo de ciertas especies vegetales en predios agrícolas de la Región Metropolitana que utilizan aguas servidas para su riego.
- Compendio de Normas Chilenas de Calidad de Agua (INN).
- Manual para la Aplicación del Concepto de Vulnerabilidad de Acuíferos DGA 2003 en la Norma de Emisión a Aguas Subterráneas del DS N° 46 de 2002.
- Decreto Supremo N° 90 de 2000 Normas de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.

El DS 90 ha reducido el problema de contaminación de las aguas superficiales con nitratos como podrían ser los guanos y purines no tratados, provenientes de explotaciones animales. A su vez, el DS N° 46 se aplica como regulación a la contaminación de aguas subterráneas, como puede ocurrir con los purines. La autoridad, en este caso la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), estableció un sistema de auto control por medio de acreditación de laboratorios mediante convenio con el Instituto Nacional de Normalización (INN). Quienes emiten residuos deben informar sus contaminantes a la SISS y DIRECTEMAR, organismos encargados de la fiscalización, de tal forma que se

aliviana la carga administrativa y presupuestaria, lográndose el objetivo final del control (Baeriswyl, 2002).

Particularmente, en relación con la contaminación de aguas con nitratos, aún no se establece una norma específica en el país.

Una iniciativa en Chile que ha ido más allá de una imposición del Estado por la vía de una ley o norma la constituyen los Acuerdos de Producción Limpia entre entidades del sector público y el sector privado. Para ello, se constituyó en el país un Consejo Nacional de Producción Limpia (CNPL) presidido por el Ministro de Economía, Minería y Energía, actuando bajo la forma de un Comité CORFO. Estos sectores gubernamentales han sido los principales impulsores del estímulo y fomento de este tipo de gestión, con miras a que -mediante mecanismos de estímulo y recompensa- se pueda resolver problemas ambientales en los principales rubros productivos de manera efectiva.

Uno de los proyectos derivados de esta iniciativa público-privada fue el APL Porcino que se suscribió entre los productores de cerdo del país y la institucionalidad pública ligada al tema medioambiental y a la fiscalización de los efectos contaminantes derivados de la producción animal intensiva.

Adicionalmente, en el año 2004, se dictaron nuevas normas que promovió el CNPL con el INN, las que permitirán la certificación del cumplimiento de los APL. Éstas norman el procedimiento, los certificadores y las empresas certificadoras y responsables

de otorgar una certificación oficial, aunque los APL son suscritos por los interesados en forma voluntaria.

En relación con la fiscalización medioambiental en los ámbitos que aquí se han descrito y en otros, hay una propuesta de utilizar la "Auditoria Ambiental" como la base auto regulable del sistema de fiscalización. Una transformación más profunda para proponer un sistema de mayor eficacia exigirá un cambio legislativo complementario (Baeriswyl, 2002).

### **1.1.3. Evaluación de la condición contaminante de efluentes de la ganadería porcina en Europa y Chile**

Como se ha señalado, los problemas medioambientales de la ganadería están relacionados con los volúmenes de estiércoles que se producen en las granjas o en determinadas áreas. Para poder hacer una evaluación del problema en cierta área o país, es necesario conocer previamente cuál es la carga ganadera total y por especie en cada área o país. En el Cuadro 1 se muestra la carga ganadera total por especies ganaderas en los países de la UE y Chile (Fuente: Anuario FAO 1995. En Bigeriego, 2003. Superficie agraria: datos de 1998).

**CUADRO 1  
CARGA GANADERA TOTAL Y POR ESPECIES EN PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA  
DICIEMBRE 1995**

PAÍSES	SUPERFICIE AGRARIA (*) (000) Ha	BOVINO			OVINO			PORCINO			CAPRINO			AVÍCOLA			EQUINO			TOTAL (000)		
		UGM (000)	UGM/ Ha	%	UGM (000)	UGM/ Ha	%	UGM (000)	UGM/ Ha	%	UGM (000)	UGM/ Ha	%	UGM (000)	UGM/ Ha	%	UGM (000)	UGM/ Ha	%	UGM (000)	UGM/ Ha	%
España	30.816	3.901	0,13	38	3.141	0,10	29	1.922	0,06	18	316	0,01	3	1.003	0,03	10	209	0,01	2	10.493	0,34	100
Alemania	17.286	10.849	0,63	69	358	0,02	2	2.544	0,15	16	11	0,00	0	1.890	0,10	11	279	0,02	2	15.931	0,92	100
Bélgica	1.482	1.625	1,10	53	17	0,01	0	719	0,49	24	1	0,00	0	689	0,47	22	11	0,01	1	3.062	2,07	100
Dinamarca	2.691	2.205	0,22	60	11	0,01	0	1.109	0,41	30	0	0,00	0	374	0,14	10	11	0,01	0	3.711	1,38	100
Finlandia	2.704	825	0,30	72	17	0,01	2	127	0,05	14	1	0,00	0	97	0,04	10	26	0,01	2	1.093	0,41	100
Francia	30.119	15.077	0,50	66	1.480	0,05	7	1.549	0,05	7	139	0,01	1	4.272	0,14	18	195	0,01	1	22.712	0,75	100
Grecia	8.752	385	0,05	11	1.350	0,16	43	113	0,02	4	713	0,08	22	531	0,06	16	111	0,02	4	3.203	0,37	100
Holanda	1.999	3.111	1,55	45	177	0,09	3	1.454	0,73	21	11	0,01	0	2.170	1,08	30	35	0,02	1	6.957	3,48	100
Irlanda	4.391	4.734	1,08	79	823	0,19	13	161	0,04	3	0	0,00	0	217	0,05	4	36	0,01	1	5.971	1,36	100
Italia	15.673	4.970	0,32	47	1.553	0,10	15	808	0,05	8	187	0,03	2	2.702	0,17	26	204	0,01	2	10.424	0,67	100
Portugal	3.900	922	0,24	39	506	0,13	21	269	0,07	11	104	0,03	5	433	0,11	18	145	0,04	6	2.379	0,67	100
R. Unido	17.086	8.253	0,48	52	4.181	0,25	26	765	0,04	5	11	0,00	0	2.480	0,15	16	97	0,01	1	15.787	0,93	100
Suecia	3.356	1.203	0,36	63	68	0,02	4	241	0,07	12	1	0,00	0	256	0,07	12	156	0,05	9	1.925	0,57	100
Austria	3.528	1.625	0,46	72	53	0,02	2	381	0,11	17	7	0,00	0	35	0,01	2	156	0,04	7	2.258	0,64	100
Chile	22.000	2.730	0,12	59	628	0,03	14	184	0,008	4	73	0,004	1	552	0,025	12	466	0,02	10	4.633	0,21	100

Como puede apreciarse, Chile es uno de los países con más baja carga, pero para efectuar un diagnóstico más preciso de la situación en cada país, es necesario además, estudiar en profundidad el tipo de sistema productivo de cada especie y su distribución geográfica. Respecto a la incidencia de cada especie sobre la carga ganadera total, el ganado vacuno representa el mayor porcentaje. La incidencia de otras especies es variable, dependiendo de la intensidad y de la superficie agraria de los países y del uso más o menos intenso que se haga de fertilizantes minerales. Concretamente, en el caso de Chile, la carga ganadera de la especie porcina, representa únicamente el 4% de la

carga ganadera total, por detrás de las especies bovina, ovina, avícola y equina (Bigeriego, 2003).

En el Cuadro 2 se muestra para los diferentes países de la UE y Chile, los datos comparativos de contenido de nitrógeno de los estiércoles y las aportaciones de este mismo elemento con la fertilización mineral, refiriendo estas cantidades a la superficie agraria de cada país (Fuente: Anuario FAO 1995. En Bigeriego, 2003. Superficie agraria: datos de 1998).

**CUADRO 2**  
**Consumo de fertilizantes nitrogenados y contenido de nitrógeno en los estiércoles ganaderos en los países de la U.E. Diciembre, 1995**

PAISES	SUPERFICIE AGRARIA (*) (000) Ha	Consumo de fertilizantes Nitrogenados			Nitrógeno de origen ganadero			Nitrógeno total		
		(000) Ton. de N.	Kg de N/Ha	%	(000) Ton. de N.	Kg de N/Ha	%	(000) Ton. de N.	Kg de N/Ha	%
España	30.816	937	30	60	630	21	40	1.567	51	100
Alemania	17.286	1.612	93	63	956	55	37	2.568	148	100
Bélgica	1.482	169	114	48	184	124	52	353	238	100
Dinamarca	2.691	326	121	59	223	83	41	549	204	100
Finlandia	2.704	171	63	72	66	24	28	237	87	100
Francia	30.119	2.222	74	62	1.363	45	38	3.585	119	100
Grecia	8.752	337	39	64	192	22	36	529	61	100
Holanda	1.999	374	187	47	417	209	53	791	396	100
Irlanda	4.391	401	91	52	358	82	48	759	173	100
Italia	15.673	873	56	58	625	40	42	1.498	96	100
Portugal	3.900	130	33	46	143	37	54	273	70	100
R. Unido	17.086	1.268	74	57	947	56	43	2.215	130	100
Suecia	3.356	226	67	70	100	30	30	326	97	100
Austria	3.528	125	35	47	136	39	53	261	74	100
Chile	22.000	206	9	43	278	13	57	484	22	100

Fuente: Anuario FAO. Superficie Agraria. Suma de superficie arables, tierras de cultivos permanente y praderas. No se consideran los suelos forestales y de monte bajo.

(\*) Datos de 1998.

Se aprecia que hay amplias variaciones en las cantidades de nitrógeno de origen mineral o animal, en relación con la superficie agraria de cada país. En un extremo, un país como Holanda presenta 396 kg. de nitrógeno por hectárea, de los que el 40% es de origen animal; en cambio, en el caso de Chile, el nitrógeno total aportado por hectárea de superficie agraria es de 22 kg. de nitrógeno, de los que el 57% proviene de la ganadería (Bigeriego, 2003).

Tanto en Chile como en otros lugares, el causal más importante en contaminación son los nitratos, un tema que aún no se ha legislado, porque el Estado todavía no tiene un diagnóstico y línea de base para ello. Es probable que muy pronto se determine un estándar con la información que se tiene hasta ahora, lo que está bajo la responsabilidad del Servicio Agrícola Ganadero, dependiente del Ministerio de Agricultura de Chile.

Respecto a las aguas superficiales, se estima que el tenor de contaminación con nitratos podría ser bajo, porque desde hace algún tiempo existe una legislación (DS 90) que impide el vertido de riles (entre ellos guanos y purines no tratados) a canales o cursos de agua.

Donde hay mayor desconocimiento aún, es en el efecto contaminante en aguas subterráneas, aunque hay algunos estudios efectuados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Un trabajo de ese organismo de investigación indicaría que no existe en la práctica contaminación de aguas subsuperficiales (INIA,

2003), pero sus resultados son muy variables, por lo que se requiere aún de mayor investigación en el país.

El mismo estudio del INIA indica, respecto a contaminación de suelos, que en la práctica no existe, porque los nitratos que no son absorbidos por las plantas quedan para ser utilizados por las plantas en la siguiente cosecha o son lixiviados en el período de lluvias. (INIA 2003)

En cuanto a la contaminación del aire por efecto de los gases productos de la fermentación de los guanos y purines de cerdos, el problema fundamental en Chile es el de malos olores que afectan a los centros urbanos o poblaciones humanas, que como se ha señalado en muchos casos están alledañas o muy cerca de los planteles porcinos. La eliminación de gases a la atmósfera y su efecto en los cambios climáticos (calentamiento global de la tierra), se estima *a priori* que no sería muy importante en el país, aunque aún faltan estudios en este sentido. Sin perjuicio de ello, ya se han desarrollado algunas iniciativas para prever o paliar estos posibles efectos, como la transacción de bonos de carbono, proyecto de MDL, que ha hecho la empresa productora de cerdos y aves, AGROSUPER S.A. Hay disposición para que más planteles socios de ASPROCER, compren estos bonos.

#### **1.1.4. Los indicadores ambientales en la formulación de la estrategia de desarrollo sostenible**

Los grandes objetivos del desarrollo sostenible son el crecimiento económico con justicia y equidad y sin depredar los recursos ambientales presentes hoy en día en el mundo, preservando las condiciones ambientales para las generaciones futuras. Para lograr estos objetivos, la sostenibilidad se basa en un grupo de componentes que comprende la dimensión económica, la dimensión social y la dimensión ambiental, y agregándose, en algunas propuestas, la dimensión tecnológica (Pino, 2001).

Los impactos ambientales de las presiones económicas y sociales sobre el medioambiente tienen distintas consecuencias en términos de intervalos de tiempo analizados. Generalmente, mientras ellos no repercutan en los indicadores socioeconómicos no son considerados; sin embargo, cuando se hacen perceptibles y comienzan a evidenciarse como diferencias significativas con efecto intergeneracional, ya no sólo se hacen visibles sino que demandan una priorización como por ejemplo algún programa ambiental.

El desarrollo sostenible pone énfasis entre la interrelación existente en cada una de sus dimensiones, énfasis que queda evidenciado mediante el establecimiento de las relaciones funcionales reconocibles entre estos grandes ejes que articulan una modalidad de desarrollo específica. Debido a esto, la selección de indicadores como parámetros claves que esbozan el estado de la situación permite formular objetivos

dimensionables y evaluar los avances que se van registrando en los programas implementados.

### **Concepto de Indicadores y sus características**

Un indicador es un parámetro cuantitativo o cualitativo que puede ser evaluado en relación con un criterio. Puede describir de forma objetiva, verificable y certera, características del ecosistema o de los sistemas sociales y económicos asociados (Tropenbos, 1997, en documento de CONAMA, 2004).

Los indicadores deseables son variables que agregan o de otra manera simplifican información relevante, hacen visible o perceptible fenómenos de interés y cuantifican, miden y comunican información relevante (Gallopín, 1997, en documento de CONAMA, 2004).

La principal característica de un indicador es la capacidad de cuantificar y simplificar información de manera tal que promueva el entendimiento de los problemas ambientales tanto para los tomadores de decisiones como para el público. Los indicadores deben ser prácticos y realistas, cumpliendo el objetivo de dar información acerca de la dirección de un efecto o cambio en la performance ambiental, además de medir la magnitud de este cambio. De este modo, las características más significativas que los indicadores (Camino, R. y Müller, 1993; Avila, 1996; Torquebiau, 1989; Speidel, 1972. Citados por Claverías, R., 2000) deben cumplir son las siguientes:

- Deben ser de fácil medición.
- La recolección de información no debe ser difícil ni costosa.
- Los productores y técnicos deben participar en su diseño y medición.
- Las mediciones deben poder repetirse a través del tiempo.
- Deben ser significativos al concepto de sostenibilidad de los sistemas o agroecosistemas analizados
- Deben ser sensibles a los cambios en el sistema.
- Debe analizarse las relaciones con otros indicadores.

Igualmente, los indicadores no necesitan cubrir toda la base de recursos y todos los elementos de operación de un sistema, porque la matriz de indicadores podría hacerse inmanejable física y operativamente. Una estrategia para esa limitación es saber seleccionar los indicadores más importantes de cada componente o variable para una determinada dimensión de análisis. (De Camino y Müller, 1993).

Para la construcción de indicadores, se debe partir primero de las necesidades y de los problemas de los productores, así como de los proyectos y de las acciones que proponen las instituciones interesadas en la promoción del desarrollo. Así mismo, se tendrá en cuenta los objetivos de la institución, de los productores y de la sociedad global. Sobre esta base se elabora un marco conceptual, las hipótesis, supuestos o preguntas. Luego, los conceptos o las definiciones más importantes de ese marco conceptual que recogen los intereses y las perspectivas de los actores sociales se

descomponen en dimensiones o categorías de análisis, en variables y éstas en indicadores observables, mensurables o calificables (Claverías, 2000).

Los indicadores en un proyecto son las variables aplicadas que se usan como instrumentos para el monitoreo y la evaluación del logro en los objetivos del proyecto y son medidas objetivas de cambio. Los indicadores de impacto proveen una norma estándar para medir, evaluar o mostrar progresos (Sonpal y Binoy Acharya, 1995. En Claverías, 2000).

Los indicadores deben medir también el cambio de los sistemas de producción y la relevancia de la implementación de las características del modelo agroecológico (Altieri, 1987 y Norgaard, 1994) así como los cambios que puedan lograrse en cada zona de trabajo.

Para la construcción de un sistema de indicadores es deseable contar con un marco ordenador que permita organizar indicadores individuales o conjuntos de indicadores de una manera coherente. Uno de los marcos ordenadores más usados, por su utilidad en la toma de decisiones, formulación y control de políticas públicas, es el “Presión-Estado-Respuesta” (P-E-R). Este marco surge según Gallopín (1997), del marco de presión-respuesta aplicado a ecosistemas de Friend y Rapport (1979) y los indicadores se estructuran según tres categorías:

1. **Indicadores de presión.** Aquellos parámetros seleccionados para poder precisar las causas del problema, las variables que constituyen la causa y su medida. Describen las presiones ocasionadas por las actividades humanas sobre el medio ambiente; sustancias, agentes, utilización de recursos.
2. **Indicadores de estado.** Aquellos seleccionados para evaluar la situación en un momento determinado, ya sea en términos de calidad o cantidad. Describen la cantidad y/o calidad de los fenómenos físico-químicos, biológicos o socioeconómicos en un momento dado o en un período determinado.
3. **Indicadores de respuesta.** Aquellos que permiten evaluar la capacidad de reacción respecto al diagnóstico obtenido de la aplicación de los dos indicadores anteriores. Miden la capacidad de respuesta de la sociedad frente a los cambios y problemas ambientales diagnosticados.

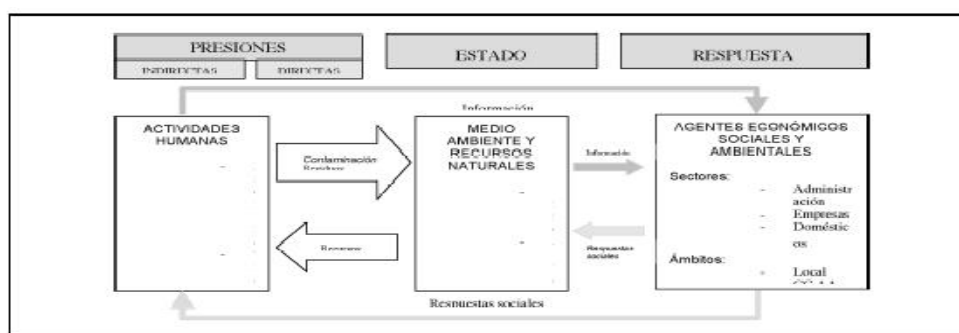


Figura N° 2 Modelo Presión-Estado-Respuesta  
Fuente: Aguirre, 2004

Una variante del marco anterior, es el propuesto por Winograd *et al* (1995) (citado por Muñoz, 1999), quienes incorporan otras categorías de información que consideran necesarias para determinar el tipo y naturaleza de las relaciones entre la sociedad y el medio ambiente. Este modelo se define como de Presión-Estado-Impacto-Respuesta (P-E-I-R).

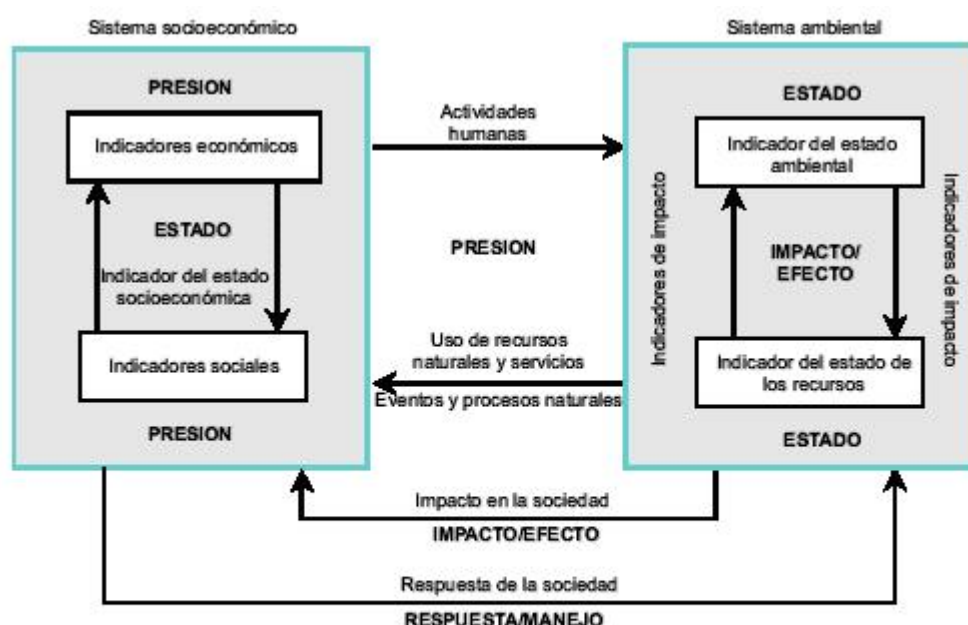


Figura N° 3 Marco de Presión-Estado-Impacto-Respuesta  
Fuentes: EPA 1995; Swart et al, 1995; Winograd, 1995, citados por Segnestam, 2000

De esta forma, este modelo permite elaborar cuatro grupos de indicadores: el primero para observar las causas (presiones) de los problemas; el segundo muestra la calidad del medio ambiente y los recursos naturales en función de las acciones

antrópicas y la situación de la sociedad; el tercer grupo permite observar el impacto y los efectos de las actividades humanas sobre el medio ambiente y la sociedad; y el cuarto grupo se refiere a las medidas y respuestas que toma la sociedad para mejorar el medio ambiente y el desarrollo.

Un último marco de análisis en apariencia más complejo que el modelo PER de la OCDE ha sido desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Se trata del modelo FPEIR: Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta. El modelo se fundamenta en una evolución secuencial en la que el desarrollo social y económico origina presiones en el medio, que dan lugar a una serie de cambios en el estado del medio ambiente. Consecuencia de estos cambios es la aparición de impactos sobre la salud, la disponibilidad de recursos, los ecosistemas naturales, etc. Motivado por esto, se produce una serie de respuestas por parte de los agentes sociales y los poderes públicos, destinadas a mejorar la gestión económica y social, a eliminar o reducir esas presiones y a restaurar y recuperar el estado del medio y las alteraciones derivadas de los impactos. Como puede observarse, este modelo incorpora al anterior de P-E-R las tendencias sectoriales sociales y económicas ambientalmente relevantes que son responsables de la situación (fuerzas motrices), así como los efectos adversos de los cambios de estado detectados en la salud y comportamiento humanos, el medio ambiente, la economía y la sociedad (*impactos*).

Estos modelos permiten plantear sistemas de indicadores coherentes que contemplen de forma íntegra la problemática ambiental analizada con todas las vinculaciones e interrelaciones entre el origen de los problemas y sus consecuencias.

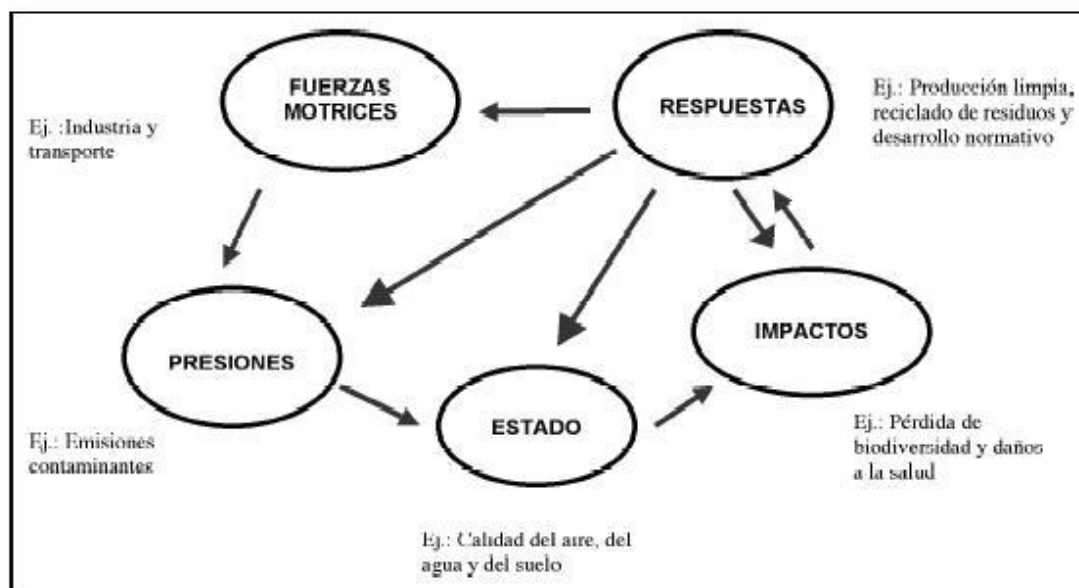


Figura N° 4: Modelo FPEIR.  
Fuente: Aguirre, M, 2004.

### Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales surgen a principios de los años noventa, impulsados por la necesidad de una política de desarrollo sostenible, con el fin de proporcionar información de forma concreta y sistemática sobre la situación ambiental de una región y poder tomar criterios ambientales en la toma de decisiones (von Schiller Calle *et al*, 2002).

Los indicadores ambientales son herramientas básicas para facilitar la elección de alternativas políticas, prioridades y líneas programáticas medioambientales, dado que contribuyen a proveer información cuantitativa y cualitativa de aspectos considerados relevantes en un momento y sociedad determinada, permitiendo identificar perspectivas, problemas y potencialidades y analizar e interpretar conflictos actuales o potenciales y sus sinergias asociadas (Pino, 2001).

El principal objetivo de los indicadores ambientales es ser elementos de apoyo en los procesos de toma de decisiones, lo cual se logra gracias a su capacidad de describir situaciones, analizar efectos en un contexto específico, evaluar la eficiencia de un sistema o indicar el nivel de bienestar que se logrará mediante la aplicación de determinadas políticas ambientales, siendo un ejemplo de éstas la aplicación de las prácticas comprometidas en el Acuerdo de Producción Limpia del sector de productores de cerdos.

Los indicadores ambientales pueden contribuir a la comparación de situaciones a nivel mundial, por ello deben ser consistentes y transparentes de modo que puedan ser comprendidos por cada uno de los actores y se entiendan sus implicancias políticas (OCDE, 2000).

En los últimos años, han proliferado las propuestas de indicadores ambientales, hecho que es consecuencia de la creciente sensibilización de los distintos actores

sociales por el estado del medio ambiente y la necesidad de reformular el modelo de desarrollo económico, orientándolo hacia un desarrollo sostenible.

Los indicadores ambientales contribuyen a evaluar el estado del medioambiente y los avances logrados hasta el momento en los diversos programas y políticas implementadas para tal efecto. Debido a esto, cada día se torna más relevante en el ámbito político disponer de un conjunto de indicadores ambientales que describan y den cuenta de la eficiencia y gestión de los distintos componentes de estos programas.

Hoy en día, existen distintas propuestas, clasificaciones, temáticas, modelos interpretativos, prioridades y enfoques respecto a los indicadores ambientales, lo cual evidencia la necesidad de establecer una clasificación estándar de indicadores ambientales consensuada a nivel internacional.

La mayoría de los trabajos hechos sobre el estado del medioambiente utiliza grupos de indicadores de tipo físicos, biológicos y químicos que describen las interacciones del sistema ambiental con algún(os) aspecto(s) de la(s) actividad(es) humana(s). Para tal efecto, se recurre a un modelo interpretativo de la forma en que se relaciona el subsistema físico y el subsistema humano, estableciendo una propuesta temática de aquellos componentes considerados prioritarios de abordar como manera de acceder a un diagnóstico de la situación ambiental.

Cuando el diagnóstico se ha obtenido y registrado se debe recurrir, necesariamente, a indicadores de eficiencia, los cuales permiten establecer relaciones entre los distintos elementos de la cadena causal, entre los dos subsistemas que componen esta relación ambiental, entre indicadores que den cuenta de los logros obtenidos de los esfuerzos y entre las actualizaciones realizadas en el ámbito de la sostenibilidad como propuesta.

Para que los indicadores seleccionados cumplan con los propósitos de sostenibilidad, éstos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- **Criterio 1:** Relevancia política y utilidad
  - Entregar una visión representativa de las condiciones ambientales, las presiones sobre el medio ambiente y las respuestas sociales.
  - Ser simple, fácil de interpretar y reflejar las tendencias a largo plazo.
  - Responder a los cambios del medioambiente y a las actividades humanas relacionadas.
  - Permitir la comparación con otros países.
  - Ser aplicable a nivel nacional o a diferentes problemas regionales de importancia nacional.
  - Ser susceptible de comparar con umbrales y/o puntos de referencia de modo de reconocer la importancia de sus valores asociados.
  
- **Criterio 2:** Consistencia analítica
  - Estar bien fundamentado desde el punto de vista técnico y científico.

- Estar centrado en estándares internacionales y estar validado por consensos internacionales.
  - Ser versátil y poderse asociar a modelos económicos o sistemas de información y predicción.
- **Criterio 3: Mensurabilidad.**
    - Estar disponibles en la actualidad o poderse obtener con una relación costo/beneficio razonable.
    - Estar adecuadamente documentados e informar sobre su validez o representatividad.
    - Ser permanentemente actualizado mediante un método fiable.

Algunos ejemplos de indicadores agro-ambientales propuestos por la OECD se detallan a continuación:

- Indicadores contextuales: tierra cubierta, población y explotaciones agrícolas, incluidos cambios en el uso de la región agrícola y tierra cubierta; números de granjeros a tiempo completo y número y tipo de granjas.
- Uso de nutrientes: equilibrio de nitrógeno y fósforo en el suelo superficial, eficiencia en el uso de nutrientes (técnica/económica).
- Uso de pesticidas: índice del uso de pesticidas, eficacia de uso de pesticidas (técnica/económica) y pesticidas riesgosos.
- Uso del agua: intensidad de uso del agua (proporción de recursos hídricos destinados al uso agrícola); stress hídrico (proporción de los ríos sujetos a

desvío); eficacia del uso del agua (técnica/económica); respuestas políticas y de manejo al stress hídrico.

- Calidad del suelo: riesgo de erosión del suelo por agua y viento y calidad inherente del suelo (áreas agrícolas donde hay una unión mal hecha entre la capacidad del suelo y el uso real o inminente).
- Calidad del agua: concentración de nitratos y fósforo en áreas vulnerables del agua y riesgo de contaminación del agua por nitrógeno y pesticidas.
- Conservación de la tierra: capacidad tapón del agua (cantidad de agua almacenada en suelo, en la tierra y en las instalaciones de irrigación y en la relación a las inundaciones).
- Emisiones de gases de efecto invernadero (GHG): emisiones agrícolas gruesas (metano, óxido nitroso y bióxido de carbono), contribución de la agricultura a la energía renovable (producción de biomasa), emisiones netas del bióxido de carbono desde suelos agrícolas y eficacia económica de las emisiones agrícolas de GHG.
- Biodiversidad: diversidad genética de ganado y cultivos domesticados y diversidad de la especie salvajes (relacionado con la calidad y la cantidad de diversidad de las especies).
- Hábitat de la fauna: intensidad de los predios, hábitat agrícolas semi-naturales y naturales no cultivados, heterogeneidad y variabilidad del hábitat, impacto de las prácticas y manejos agrícolas en el hábitat.
- Paisaje: características de la tierra (características naturales incluyendo, aspecto del ecosistema; y características del tipo de tierra), características culturales;

funciones de manejo del paisaje agrícola; tipologías del paisaje y valoración monetaria de las preferencias sociales del paisaje.

- Dirección de la granja: capacidad de dirección de granja (estándares para las prácticas de gerencia ambientales de granja; gasto en la investigación agro-ambiental, nivel de escolaridad de los granjeros); prácticas de dirección en el predio (adopción de las prácticas ambientales relacionadas con los alimentos, el suelo, los pesticidas, el agua y la dirección general del predio).
- Recursos financieros del predio: gasto agro-ambiental público y privado; equilibrio financiero de predio entre el beneficio de funcionamiento neto del predio después del impuesto y el coste de capital.
- Viabilidad durar: rentas agrícolas, entrada de nuevos granjeros en la agricultura y capital social en las comunidades agrícolas y rurales (fuerza de instituciones sociales, de organizaciones voluntarias, etc.)

### **Indicadores ambientales en sistemas intensivos**

Los principales impactos medioambientales de los sistemas productivos ganaderos se producen sobre el suelo, el agua, el aire, la flora, la fauna y los recursos no renovables. El suelo se ve afectado por la contaminación con nutrientes y la compactación y la subsecuente erosión. Las aguas subterráneas son contaminadas con nitratos y pesticidas, mientras que las aguas superficiales son amenazadas por la eutricación. Los residuos tóxicos en los alimentos son una amenaza para la salud humana, en tanto que la polución del aire con amonio y otros gases que provocan el efecto invernadero tienen un mayor impacto en los habitantes y en el clima mundial

Willeke y Wetstein en el 2004 y Sere y Steinfeld en 1996 clasificaron los sistemas de producción animal del mundo en tres amplios grupos, basados en los criterios que se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.**  
**Sistemas de producción animal a nivel mundial**

Características	Sistemas intensivos	Semi-intensivos	Extensivos
Alimento (MS)	<10% producido dentro de la explotación	>10% originados de cultivos producidos	>10% del forraje producido en el predio
Carga animal	> 10 UA por hectárea		<10 UA por hectárea

Los sistemas intensivos de producción se caracterizan por la utilización de métodos industriales de producción. En 1996, estos sistemas de producción, según Sere y Steinfeld (en Willeke-Wetstein, 2004) representaron más del 50% de la producción de carne y de cerdo.

Idealmente, los indicadores ambientales reflejan la diferencia entre un *status quo* medioambiental y estándares de calidad medioambientales aplicados a cada uno de los sistemas productivos señalados anteriormente (SRU, 1994. En Willeke y Wetstein, 2004). Esto significa que son orientados a metas, siendo la sustentabilidad el objetivo global. Una vez que se tiene la sustentabilidad como objetivo global se hace necesario formular pautas que consideran el principio preventivo. Estas pautas, alternadamente, dan lugar a objetivos ambientales de calidad en la forma de valores de umbral y niveles críticos (Figura N° 5).

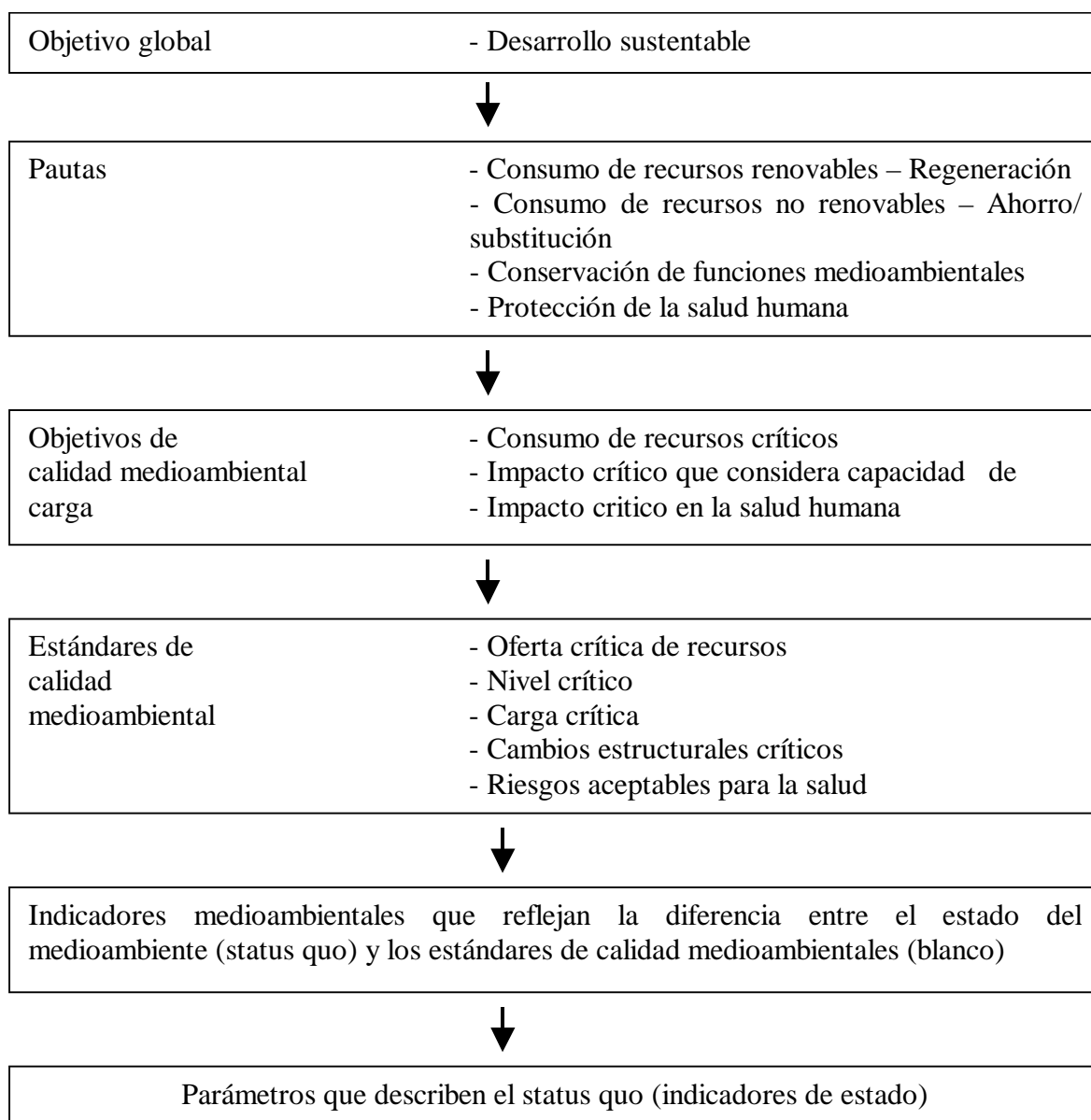


Figura N° 5 Desarrollo de objetivos orientados a los indicadores medioambientales

## **1.2. Enfoque de la tesis**

La tesis considera dos premisas que sustentan la idea de la misma:

1. En general, se reconoce que es difícil que un sistema intensivo de producción, como el que se quiere estudiar, pueda hacerse plenamente sustentable o llegar a la producción de carne y productos de tipo orgánicos, pero la implementación y evaluación de impacto de Medidas de Buen Manejo para una producción limpia es un paso muy importante.
2. En el caso de Chile no hay antecedentes sobre la formulación y la aplicación de indicadores de evaluación de impacto ambiental, social y/o económico en sistemas intensivos de producción animal, en general, y de producción intensiva de cerdos en particular; tampoco, en el caso de establecimientos que han participado en proyectos de mejoramiento de las condiciones contaminantes, como es el caso del Quinto Acuerdo de Producción Limpia en planteles porcinos, implementado en el país a partir de 1998.

A partir de estos preceptos, -marco conceptual y la referencia de las investigaciones conocidas-, este estudio se enfoca en la propuesta de un modelo teórico de indicadores que permitan realizar una evaluación de las consecuencias de la contaminación con residuos sólidos y líquidos derivados de la producción intensiva de cerdos y en el efecto de las medidas de producción limpia que se implementen. Los indicadores pueden usarse para un diagnóstico de situación, que permita orientar un programa o plan para reducir o controlar los efectos contaminantes o para evaluar los resultados de un plan de acción.

## **CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL CASO A ESTUDIAR**

Como se señaló en la introducción, el tema a abordar en esta tesis tiene como referente el caso del Quinto Acuerdo de Producción Limpia (APL), suscrito el 31 de diciembre de 1999 entre 38 empresas productoras de cerdos de las Regiones V, VI, VII, VIII y Región Metropolitana de Chile, representadas por la Asociación de Productores de Cerdo de Chile (ASPROCER), la Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia del Ministerio de Economía (SEPL), la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), los Servicios de Salud Regionales respectivos del Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO) y el Banco del Estado de Chile.

Este Acuerdo se enmarca en una política gubernamental de Chile, orientada al fomento a la producción limpia y que se traduce en la implementación de programas de Acuerdos de Producción Limpia, los cuales son convenios entre el Gobierno y el sector privado, que tienen como objetivo resolver problemas ambientales relevantes, congeniando tanto los intereses del Estado como los de los propios de los sectores privados involucrados.

El fin del APL porcino fue cubrir aspectos ambientales que trascienden al cumplimiento de la normativa ambiental vigente y que regula el tratamiento y la disposición final de los residuos industriales sólidos y líquidos. Además, tuvo por

objetivo que tanto el sector productivo como las autoridades y comunidad, en general, internalizaran el concepto de “buen manejo” de los planteles productores porcinos.

Los 130 planteles involucrados en este Acuerdo enfrentaron fundamentalmente, la problemática de producción y contaminación por los residuos sólidos y líquidos generados en los planteles, a través de acciones de minimización, recolección, segregación, almacenamiento, transporte y registros. De esta manera, se buscó evitar la contaminación del agua, facilitando el control de problemas ambientales y fomentando el uso de excretas como fertilizante orgánico y mejorador de suelos a partir del diseño de un Plan de Manejo Agronómico para el uso de purines de cerdos en la agricultura y su posterior control por el SAG.

Así mismo, se establecieron otras medidas para atacar los problemas de olores y vectores ligados a este tipo de establecimiento. En total, se diseñaron 36 medidas de producción limpia a nivel predial, que fueron las siguientes:

## **1. Acciones para minimizar residuos sólidos**

### **1.1. Excretas, guano y lodos:**

- 1.1.1. Implementar un sistema de limpieza y recolección programada del residuo.
- 1.1.2. Implementar un sistema de manejo y acopio transitorio del residuo para evitar la generación de olores, vectores, la contaminación de acuíferos y cursos

## **1.2. Todos los residuos:**

- 1.2.1. Existencia de registro que identifique el tipo de residuo almacenado, su cantidad y características, y que dicha información se mantenga a disposición del organismo fiscalizador conforme a formatos a elaborar previamente.

## **2. Acciones sobre residuos líquidos**

- 2.1 Existencia de sistemas de lavado que minimicen la generación de riles.
- 2.2 En el caso de planteles pequeños, vigencia de las siguientes prácticas: limpieza inicial en seco; utilización de un sistema de lavado a alta presión; y un programa de mantenimiento de los sistemas de bebederos y cañerías para evitar pérdidas de agua.
- 2.3. En el caso de descarga del ril a cursos o masa de agua superficiales, cumplimiento de la norma SISS.

## **3. Acciones sobre olores**

- 3.1. Existencia de un plan de control de olores.
- 3.2. Aplicación de un programa de limpieza y aseo frecuente.
- 3.3. Existencia de cortinas vegetales en los puntos de impacto de los vientos predominantes hacia los sectores poblados o viviendas aisladas, mediante la utilización de árboles y arbustos aromáticos.
- 3.4. Existencia y aplicación de un programa de remoción de excretas considerando horarios y frecuencias de acuerdo a la dirección del viento.

- 3.5. Control de olores en los tratamientos de residuos líquidos y sólidos mediante el uso de biofiltros.
- 3.6. Práctica de ocupar productos biológicos (bacterias y enzimas) para prevenir los olores molestos y gases amoniacales.
- 3.7. Existencia de ventiladores verticales.

## **2. 4. Acciones sobre vectores**

- 4.1. Existencia y aplicación de un plan para prevenir proliferación de moscas y roedores.
- 4.2. Aplicación de un programa destinado a evitar la existencia de material sólido o semisólido que tenga las condiciones nutritivas para la proliferación de moscas.
- 4.3. Aplicación de prácticas consistentes en almacenar los alimentos, guano y materia orgánica en general, en un recinto que cuente con control de humedad y temperatura por medio de ventilación apropiada, evitando aumentar el contenido de humedad del mismo, para evitar la proliferación de moscas.
- 4.4. Aplicación de un programa destinado a la disposición inmediata de de animales muertos, a fin de evitar proliferación de moscas.
- 4.5. Programa de limpieza y aseo frecuente en el interior y en el exterior del plantel.
- 4.6. Utilización de productos biológicos (bacterias y enzimas) para la prevención de moscas.
- 4.7. Práctica de mantener las bodegas ordenadas, limpias y cerradas de tal forma que sean herméticas para los roedores.

- 4.8. Práctica de mover y organizar los arrumes de envases, viruta y heno, entre otros, periódicamente, a fin de evitar proliferación de moscas.
- 4.9. Práctica de efectuar mantención permanente de los alrededores de los planteles para impedir el desarrollo de malezas, a fin de evitar la proliferación de roedores.
- 4.10. Existencia de un control dinámico de vectores (moscas y roedores) que considere capacitación para los operarios.
- 4.11. Aplicación de un programa de elementos químicos autorizados considerando lugares, frecuencia y dosis de aplicación, de acuerdo a la variable resistencia, a fin de controlar moscas y roedores.
- 4.12. Existencia de sistemas de trampas u otros sistemas similares para el control de vectores (moscas y roedores).
- 4.13. Existencia de un sistema de registro de aplicaciones efectuadas indicando sitios, productos y roedores.
- 4.14. Existencia de un manual de procedimientos de aplicación de productos químicos, para el control de vectores (moscas y roedores).

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es una **elaboración de un sistema de indicadores** que permitan evaluar las consecuencias de los problemas ambientales, inherentes a este tipo de sistema productivo; evaluar la situación actual del medio ambiente y los recursos asociados al sistema productivo; evaluar el impacto del tipo de manejo que se hace del sistema productivo, sobre el medio ambiente y la sociedad; y evaluar las medidas y las respuestas implementadas.

La investigación se plantea como un **análisis de contenido**, basado en una recopilación de información bibliográfica y teniendo como referencia el Programa de Producción Limpia, implementado para planteles industriales porcinos en Chile, que se constituye en el caso a estudiar en esta tesis.

Para la construcción de un sistema de indicadores, se recogerán aquellos mencionados en la bibliografía y que puedan ser aplicados a este tipo de sistema productivo. La construcción de un sistema de indicadores de este tipo debiera considerar las siguientes etapas:

1. Recolección y análisis de indicadores mencionados en la literatura.
2. Construcción de indicadores para los objetivos del proyecto.
3. Validación de los indicadores seleccionados y diseñados.

4. Propuesta de un modelo de indicadores que ordenados y aplicados en una secuencia lógica, permita hacer comparaciones de impacto y reacción.

La validación de los indicadores elegidos para este modelo teórico se hace a partir de los antecedentes bibliográficos existentes, incluidas las aplicaciones hechas en el Proyecto del INIA “Generación de Información Local en Aplicación de Purines de Cerdos al Suelo como Apoyo a la Implementación de los Acuerdos de Producción Limpia”. Sin perjuicio de ello, en el futuro se podrán hacer validaciones de este modelo y sus indicadores en estudios aplicados sobre plantales porcinos y las áreas geográficas del país donde se asientan.

### **3.2. Variables consideradas**

Las variables dependientes a seleccionar serán aquellas que se relacionen, por una parte, con los tres ámbitos que considera el estudio: ambiental, social y económico y, por otra, con las variables se relacionan con el tipo de indicador a aplicar.

Para los indicadores a aplicarse en el APL, las variables a considerar estarán en función de la realidad del programa aplicado.

Las variables consideradas se medirán y se harán evidenciables, a través de un sistema de indicadores ordenado en base según un modelo como el de Presión-Estado-Respuesta (P-E-R).

### **3.3. Método de recolección de información**

De acuerdo con los objetivos planteados en este trabajo, la información a recoger es clave como referente para la construcción de indicadores que permitan evaluar el APL porcino y que puedan ser extrapolables para la evaluación de otros sistemas intensivos ganaderos.

La información requerida tiene básicamente cuatro orígenes:

1. Información bibliográfica.
2. Información disponible producto del desarrollo y seguimiento del Acuerdo de Producción Limpia Porcino de los productores de cerdos de Chile.
3. Información obtenida del Proyecto “Generación de Información Local en Aplicación de Purines de Cerdos al Suelo como Apoyo a la Implementación de los Acuerdos de Producción Limpia”, realizado el 2003 por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile en algunos de los planteles porcinos del APL porcino.
4. Información generada por una consultoría especializada internacional contratada por ASPROCER

### **3.4. Procesamiento de la información**

La información bibliográfica recogida fue confrontada con la situación específica del programa de Acuerdo de Producción Limpia, APL Porcino, de los productores industriales de cerdos de Chile.

A partir de lo anterior, se pudo evidenciar varios de los factores que requieren ser monitoreados para una evaluación de impacto ambiental, social y económico de los potenciales contaminantes en los sistemas intensivos de producción porcina.

Con la información obtenida, se pudo proponer un listado de indicadores posibles para dicha evaluación.

Por último, a partir de los antecedentes de la información bibliográfica, de la experiencia obtenida del APL porcino y de los estudios realizados por el INIA en esos planteles, se pudo proponer un sistema de indicadores.

#### **CAPÍTULO 4. PROPUESTA DEL MODELO TEÓRICO DE INDICADORES**

A continuación, se plantea una propuesta de un Modelo Teórico de Indicadores, el cual permitiría evaluar los principales impactos medioambientales de sistemas de producción intensiva de cerdos en Chile, con efecto no sólo a nivel de los planteles mismos, sino que en el área o localidad donde están asentados.

La construcción del sistema de indicadores propuesto se hizo a partir del marco ordenador PER planteado por Rapaport, que -como se señaló- es elegible por su utilidad en la toma de decisiones, formulación y control de políticas.

El modelo propuesto se describe como una secuencia lógica de indicadores para ir desde un diagnóstico de situación en un predio o un área determinada del país, (indicadores de presión y estado), hasta evaluar las acciones o medidas implementadas para eliminar o disminuir los impactos medioambientales, en este caso de sistemas de producción intensiva de cerdos (indicadores de respuesta).

El modelo se podría aplicar, con las variantes del caso, en un programa medioambiental, nacional o regional, relacionado con los efectos contaminantes de diferentes sistemas de producción animal que haga posible una evaluación previa de los impactos medioambientales sin intervención, hasta la evaluación *ex pos* de las soluciones propuestas de mitigación.

Para esta propuesta, se consideraron los comentarios hechos por el Dr. Ingeniero Agrónomo Manuel Bigeriego, respecto a las líneas prioritarias que debiera considerar un proyecto global sobre evaluación de posible contaminación de nitratos de origen agrario en las condiciones agronómicas chilenas.

En este modelo propuesto, se incluyen indicadores tanto físico-químicos como de gestión ambiental, de impacto social y económico.

Para cada indicador planteado, se describe:

- La variable a medir
- El ámbito de cada variable considerada
- La razón de elección de cada variable
- El indicador propuesto para medir cada variable
- El tipo de indicador
- El valor estimado que pueda considerarse de referencia, en algunos de los indicadores, de acuerdo a la literatura o la realidad nacional.

Se propone una lista amplia de indicadores que podrían ser considerados para un análisis exhaustivo de un sistema productivo animal intensivo, como el porcino, pero en definitiva se postulan algunos de ellos como más indicativos de impacto ambiental, y a la vez se constituirían en mejores evaluadores para un diagnóstico de evaluación y propuesta de un plan de acción.

A continuación se hace un análisis y discusión de algunos de los indicadores más relevantes de la lista, sin perjuicio de una propuesta final de un set de tres indicadores a usar como un modelo básico de medición.

**Madres equivalente/ há (Carga Animal):** este indicador permite medir la carga animal que soporta un área determinada, en función de la posible cantidad de Nitrógeno que pudiera ser contaminante fundamentalmente de las aguas subterráneas de esa área. Se estima que la producción de nitrógeno por animal es de alrededor de 57 kilos, por lo tanto se espera que con 12 a 15 madres equivalentes, no se sobrepasen los 900 kilos que se señalan como valor referente en otro de los indicadores propuestos que es el de **Volumen de nitrógeno/madre equivalente/há.** Cabe señalar, para estos dos indicadores, que los valores de referencia pueden variar entre una zona y otra, dependiendo de los factores que fueron mencionados en el análisis bibliográfico, y que determinan el nitrógeno realmente contaminante, versus el nitrógeno que es aprovechado realmente por las plantas o aquel que es eliminado a la atmósfera sin causar daño o desnitrificado.

Los indicadores para **Residuos Sólidos**, se consideran para la medición del efecto de los tratamientos aplicados a guanos y estiércoles, y la eficiencia alcanzada en su reutilización.

**Otros Residuos:** tiene relación con la correcta disposición de otros elementos en los establecimientos (como los cadáveres de animales, otros restos orgánicos, envases

de fármacos, etc) y que si bien no tienen el impacto de la contaminación por residuos químicos de los purines, son importantes desde el punto de vista del entorno y el riesgo de contagio de enfermedades.

En los **Residuos Líquidos**, cabe destacar el Indicador **m<sup>3</sup> de agua diarios / madre equivalente**, que es uno de los más relevantes desde el punto de vista del impacto que tiene el uso del agua de lavado sobre el volumen de purines, y también como indicador de eficiencia en el procedimiento de limpieza y ahorro de recursos. Hay una estimación de que en Chile se utiliza el doble de volumen de agua que el que se usa en establecimientos similares en Europa.

La variable de **contaminación de aguas subterráneas**, como se vio es lejos la más importante, toda vez que allí se manifiesta el mayor efecto de contaminación por nitrógeno a partir tanto de los purines como de otras fuentes, como es el caso de los abonos no orgánicos. Se consideran aquí una serie de indicadores más técnicos, posibles de ser utilizados para una investigación detallada. Pero el indicador práctico más indicativo, que se rescata luego para el modelo básico de evaluación, es el **Volumen de Nitrógeno / Madres equivalentes/há**. Es muy importante comentar el valor de referencia que se ha considerado para este indicador, que es de máximo 900 kilos de Nitrógeno por há. Este valor es el que se estima fijará la autoridad chilena (SAG) próximamente. Ello es bastante más permisivo que el parámetro que se aplica para Europa señalado en el capítulo respectivo. Ello se correlaciona con la realidad nacional que se ha estimado hasta ahora con base a estudios parciales, pero que requerirán en el

futuro una mayor certeza. De allí la importancia de aplicar este y otros indicadores en estudios más exhaustivos en el futuro.

Para las variables de **olores y vectores**, se proponen indicadores orientados más bien a medir el resultado de las medidas tendientes a controlar las causas y manejar los efectos de estas dos formas de contaminación.

En cuanto a contaminación atmosférica los purines producen al menos dos compuestos que tienen efecto invernadero: la producción de metano y el óxido nitroso y que hoy por la Convención de Kyoto, se busca reducir sus emisiones. De acuerdo a la Convención de Kyoto, Chile no está obligado a reducirlos, pero se crea una gran oportunidad de desarrollar MDL (mecanismos de desarrollo limpio) con la opción de transar bonos de carbono. Por otra parte cabe destacar que es probable que en un corto plazo para la Región Metropolitana en Chile, dentro de los planes de descontaminación, haya que incluir el amoniaco. La forma de nitrógeno más común en los purines descartando la parte sólida, es justamente el amoniaco. Por tanto se prevé que habrá por este concepto mayor control sobre las explotaciones animales. En cuanto a valores de referencia aún no se ha estimado parámetros, lo que ocurrirá cuando se estipule la norma.

Luego se incluye un grupo de indicadores de **Resultados en la Gestión de proyectos medioambientales en planteles (dirección de la granja) y áreas involucradas**, que busca evaluar la calidad de planes de descontaminación y la eficiencia en

su aplicación.

Se eligió posteriormente un indicador muy significativo, por el efecto social en el entorno de planteles porcinos, que tiene relación con los efectos de ciertos tipos de contaminación como son los olores, los vectores y eventualmente ruidos. Se propone como medida el indicador de **Número de Denuncias Anuales por Plantel**. Este indicador es muy importante en Chile, dada la cercanía de los planteles porcinos a centros poblados rurales o urbanos.

Por último se propone un indicador de tipo económico que busca medir el beneficio económico por ahorro de gasto de agua e insumos, rindes de cultivos agrícolas por eficiencia en la fertilización y disminución de costos por reducción de efectos contaminantes, que es el de **Rating de Efectividad en aplicaciones de Planes de Acción**.

El modelo indicado se presenta en el Cuadro 4.

**Cuadro Nº 4**  
**MODELO DE INDICADORES**  
**PARA EVALUAR SISTEMAS DE PRODUCCION INTENSIVOS DE CERDOS EN CHILE**

VARIABLE	AMBITO	RAZON DE ELECCION	INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR ESTIMADO
Carga animal	Impacto Ambiental	Determina la cantidad de estiércol y purines	Madres equivalentes / há (1)	Presión	12 a 15 madres equivalentes /há
Residuos sólidos (Producción de estiércol)	Impacto Ambiental	Determina fundamentalmente, la cantidad de nitrógeno	Producción por especie y categorías	Presión	
			% de reutilización de guano y lodo proveniente de plantas de tratamiento	Estado-Respuesta	
			% de guano y lodo estabilizado	Respuesta	
			% de guano y lodo estabilizado que es reciclado	Respuesta	
Otros Residuos (Cadáveres animales, frascos de vacunas, etc.)	Impacto Ambiental	Contaminación ambiental (cursos de agua)	Capacidad de almacenaje transitorio de residuos/ número de cerdos producidos anualmente	Estado-Respuesta	
Residuos líquidos (Producción de purines)	Impacto Ambiental	Determina la cantidad de Nitrógeno	Residuos líquidos aplicados en tierras de uso silbo agropecuario, cuyos productos no entren en contacto directo con el ril / Residuos líquidos producidos	Respuesta	
			Capacidad de acumulación (o de disposición alternativa) de riles /producción total de riles	Estado	
			m <sup>3</sup> de agua diarios / madre equivalente	Estado-Respuesta	Menos de 10 lts de agua diarios/madre equivalente
Contaminación de aguas subterráneas	Impacto Ambiental	Es un impacto sobre la producción agropecuaria y las calidad de agua del predio y del entorno	Riesgo de contaminación del agua con nitratos (NO <sub>3</sub> )	Estado	Menos de 50 mg/ l
			Concentración de NO <sub>3</sub> en áreas vulnerables		
			Evaluación de las extracciones nitrogenadas de los diferentes cultivos	Estado	Depende de cada cultivo
			Recomendaciones de abonado nitrogenado	Respuesta	

por cultivo					
			Indice de mineralización del Nitrógeno	Estado	
			Evolución de la materia orgánica del suelo en función de aportes de diferentes fuentes de compuestos orgánicos	Estado	
			Potencial fertilizante de diferentes estiércoles y otros compuestos orgánicos	Estado respuesta	
			Lixiviación de N según fuentes de compuestos nitrogenados orgánicos y minerales (balance de N)	Estado-Respuesta	
			Volumen de Nitrógeno / Madres equivalentes/há (2)	Estado-Respuesta	Menos de 900 Kg./há
			Balance de N en el suelo	Estado-Respuesta	
Olores	Impacto Ambiental	Contaminación ambiental, disposiciones municipales, denuncias de vecinos ( imagen pública)	Distancia de centros poblados= Km. ó mt	Estado	
			Metros lineales de cortinas vegetales/Perímetro del plantel	Respuesta	
			Residuos líquidos y/o sólidos tratados con biofiltros por año / Residuos totales por año	Respuesta	
			Residuos líquidos y/o sólidos tratados con productos biológicos por año / Residuos totales por año	Respuesta	
Vectores (moscas y roedores)	Impacto Ambiental	Higiene, denuncias de vecinos (imagen pública)	Frecuencia de limpieza y aseo interior del plantel (semanal)	Respuesta	
			Frecuencia de limpieza y aseo exterior del plantel (semestral)	Respuesta	
			Frecuencia de movimiento, organización o reorganización de los arrumes de envases, viruta, heno u otros (semana)	Respuesta	
			Frecuencia de aplicación de químicos autorizados (semanal)	Respuesta	

			Frecuencia de desmalezado de los alrededores de los planteles (semestral)	Respuesta
			Existencia de Plan de Control	Respuesta
Contaminación atmosférica	Impacto Ambiental	Incidencia en índices contaminantes del aire en sectores peri urbanos	Volumen de Metano / madres equivalentes / há	Estado-Respuesta
			Volumen de Amoniaco /madres equivalentes / há.	Estado o respuesta
			Volumen de Oxido Nitroso / madres equivalentes/ há	Estado o respuesta
Resultados en la Gestión de proyectos medioambientales en planteles (dirección de la granja) y áreas involucradas	Gestión ambiental	Minimización de efectos contaminantes, ahorro de energía y beneficios económicos	Índices de aprobación y cumplimiento de Planes Agronómicos para el buen manejo de purines	Respuesta
			% de adopción de acciones por plantel	Respuesta
			Cumplimiento promedio de acciones por plantel	Respuesta
			Cumplimiento promedio de acciones por sector	Respuesta
			Cumplimiento promedio por meta comprometida, por sector	Respuesta
Denuncias medioambientales	Social	Efecto social en el entorno de los planteles – imagen pública de las empresas	Número de denuncias anuales por plantel	Presión o respuesta
Eficiencia gestión productiva en predios y/o áreas con programas ambientales	Técnico-económico	Beneficio económico por ahorro de gasto de agua e insumos, rindes de cultivos agrícolas por eficiencia en la fertilización y disminución de costos por reducción de efectos contaminantes.	Rating de efectividad en aplicaciones de Planes de Acción	Respuesta

(1) madres equivalentes por hectáreas; una madre equivalente es ella y su descendencia (22 animales) hasta matadero, en un año, por hectárea de purines.

(2) nitrógeno total: madres equivalentes: producen 57,6 KG/N/AÑO

(3) en olores, una razón de elección es distancia de centros poblados.

(4) en vectores tiene mucha relación la existencia de un plan o programa de control y su efectiva aplicación.

(5) balance de N: N aplicado- N percolado-N retenido

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. Esta investigación concluye la necesidad de definir un sistema de indicadores secuenciados, que incluya tanto los aspectos ambientales, sociales y de gestión, que cubran los requerimientos de diagnóstico como la evaluación de planes de programas de producción limpia o planes de acción en planteles porcinos con riesgo potencial o efectivo de producción de problemas medio ambientales.
2. La investigación que se hizo con el proyecto INIA en Chile indicó que no existe en la práctica contaminación de aguas subsuperficiales, pero dado que sus resultados fueron muy variables, se requiere de más investigación al respecto y, en este sentido, el uso sistemático del sistema de indicadores propuesto en esta tesis puede ser de utilidad.
3. Del listado de indicadores propuesto, pueden relevarse tres que podrán ser utilizados como un modelo básico de indicadores, posible de ser utilizado para una evaluación mínima esencial de situaciones de contaminación en planteles porcinos ex antes y ex pos a planes acción para la reducción o control de las problemáticas medioambientales producidas en esos establecimientos, en las áreas geográficas donde ellos se asientan, las respectivas cuencas hidrográficas donde se encuentren o en territorios mayores. Ellos son:

- a. Volumen de Nitrógeno / madres equivalentes / ha para la estimación de la contaminación de aguas subterráneas.
  - b. Metros cúbicos de agua de lavado utilizados / número de cerdos producidos anualmente, como objetivo de reducción del volumen de purines y ahorro en el gasto de agua.
  - c. Volumen de metano / madres equivalentes / ha para la reducción de olores, la prevención de la contaminación atmosférica (adhesión a la Convención de Kyoto) y estímulo a los productores para la compra de bonos de carbono.
4. En un trabajo futuro, los indicadores propuestos en esta tesis podrán ser validados en empresas productoras porcinas, a través de la realización de un análisis de tipologías.
  5. Este modelo de indicadores podría ser utilizado por el SAG para la acreditación del cumplimiento de exigencias que puedan imponer los mercados internacionales en el ámbito ambiental, para la exportación de carnes de cerdo.

## BIBLIOGRAFÍA

**Acuerdo de Producción Limpia sector productor de cerdos.1999.** Chile. URL:  
[www.pl.cl/patio/documentos/docus/u13/APL\\_cerdos.pdf](http://www.pl.cl/patio/documentos/docus/u13/APL_cerdos.pdf)

**Addiscott, T.M.; Whitmore, A.P.; and Powlson, D.S. 1992.** Farming , fertilizer and the Nitrate Problem. Rothamsted Experimental Station, Harpenden. UK.

**Aguirre, M. 2004.** Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente. Agencia Europea de Medio Ambiente. Subdirección General de Calidad Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente.[URL://ecal.coria.org/archivos/sistemas%20de%20indicadores%20ambientales.pdf](http://ecal.coria.org/archivos/sistemas%20de%20indicadores%20ambientales.pdf) ®

**Altieri, Miguel. 1997.** Bases Científicas para una Agricultura Sustentable, CLADES, CIED. Lima, Perú.

**Asociación Gremial de Productores de Cerdo de Chile (ASPROCER). 2004.**  
[URL://www.asprocer.cl/index.php?mod=sector\\_descripcion&PHPSESSID=4f4463179866e0936896e472ab0c0cce](http://www.asprocer.cl/index.php?mod=sector_descripcion&PHPSESSID=4f4463179866e0936896e472ab0c0cce)

**Association of Applied Biologists. 1992.** Nitrate and farming systems, aspects of applies biology. Churchill College. Cambridge, UK.

**Baeriswyl, F. 2002.** Fiscalización Ambiental en Chile: Innovación a través de la Auditoria Ambiental. Tesis presentada al Instituto de Investigaciones y Postgrado de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al grado de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Chile

**Bigeriego, M. 2003.** Producción Porcina y Medio Ambiente: Situación Europea y su Relación con Chile. Documento presentado en la Conferencia dictada en Santiago de Chile en abril de 2003, en el contexto de la Asesoría a la Asociación de Productores de Cerdos de Chile, ASPROCER.

**Bigeriego, M.; y Baeriswyl, F. 2001.** Medidas Ambientales en el Sector Ganadero en Chile: Sector Porcino. Santiago, Chile.

**CAB International. 1992.** The problem of Nitrates, Wallingford, Oxon, UK.

**CEE, Directiva 96/61**

**CEE, Directiva 91/156**

**CEE, Directiva 91/676**

**Centro Regional de Investigación Carillanca Temuco-IX Región de la Araucanía, Chile, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA. 2003.**

Generación de Información Local en Aplicación de Purines de Cerdos al Suelo como Apoyo a la Implementación de los Acuerdos de Producción Limpia. Informe Técnico Anual Tercer Año. Chile.

**Chávez, 1993.** El Rol del Profesional en el Agro en la Compatibilización de la Producción Animal y el Medio Ambiente. Revista de Producción Animal, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

**Claverías, R. 2000.** Metodologías para la Construcción de Indicadores de Impacto. Extracto del libro “Agroecología, Evaluación de Impacto y Desarrollo Sostenible”. Editorial de Boletín Agroecológico N° 67/2000.

**Comission Européenne. 1986.** Pollution des eaux par les engrais et pesticides. París, Francia.

**Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 2004.** Indicadores Regionales de Desarrollo Sustentable. Chile.

**De Camino, R. y Muller, S. 1993.** Esquema para la Definición de Indicadores.

**FAO, Anuario 1995.**

**Gallopin, G. 1997.** Indicators and their Use: Information for Decision-making.

**INIA. 2003.** Generación de Información Local en Aplicación de Purines de Cerdo al Suelo como Apoyo a la Implementación de los Acuerdos de Producción Limpia. Informe Técnico Anual Tercer Año. Proyecto 57-14-300 del Fondo de Mejoramiento del Patrimonio Sanitario del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG. Chile.

**INIA. 2003.** Manual de Buenas Prácticas Ambientales en Manejo de Purines en Planteles Porcinos.

**Jaoubourg, J. 1990.** Stockage des effluents délevage. Ministère de l'agriculture et de la forêt, C.E.M.G.R.E.F.- Groupement de Clermont-Ferrand, Echelon de Montoldre, France.

**Muñoz, Oviedo. 1999.** Herramienta para el Mapeo de Indicadores de Desarrollo Agropecuario en el Departamento del Meta, Colombia. Informe Interno. Versión Preliminar, octubre.

**OCDE, 2000**

**ODEPA, 2004.** [URL://www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)

**Oficina Internacional de Epizootias (O.I.E.) 2000.** Boletín Animal 2000

**Organization for Economic Cooperation and Development, OECD, 2000.**

International Environmental Issues and the OECD 1950-2000. An historical perspective. By Bill L. Long

**Peeters, A., 1997.** Cours de Systèmes Agraires, UCL.

**Pino, M. 2001.** Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental y urbana en las agendas 21 local y eco auditorias municipales. El caso de las regiones urbanas europeas. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Construcciones Arquitectónicas

**Sáenz, Irene et Stuardo, Leopoldo. 1998.** Potentialité de Valorisation des Effluents D'Élevage comme engrais organique: LeCas du Costa Rica. Projet présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Spécialisées en Science et Gestion de L'Environnement. Université Catholique du Louvain, La Belgique

**Segnestam L. 2000.** Desarrollo de Indicadores. Lecciones aprendidas de América Central. Departamento del Medio Ambiente, Banco Mundial en colaboración con Manuel Winograd y Andrew Farrow. Proyecto CIAT-Banco Mundial-PNUMA, CIAT

**Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2000.** Departamento de Protección Pecuaria. Estadísticas Pecuarias 2000.

**Spangenberg, Joachim y Bonniot, Odile. 1997.** Sustainability Indicators. A compass on the Road Towards Sustainability, Wuppertal Institute for Climate, Environment, Energy, Division for Material Flows and structural Change.

**Venegas, R. 1997.** Indicadores de Sustentabilidad Predial. Revista Agroecológica CLADES N° 11-12.

**Vivanco. 1999.** Análisis estadístico multivariable. Teoría y práctica. Comité de publicaciones científicas. Vicerectoría de Asuntos Académicos Universidad de Chile. Editorial Universitaria.

**Von Schiller Calle, D.; Soler, E.; Martínez, J.; Delgado, A.; Vivas, ML.; Fernández, S. 2002.** Indicadores Ambientales en el contexto Europeo. [URL://www.biologia.org/?pid=5000&page=0&id=70](http://www.biologia.org/?pid=5000&page=0&id=70)

**C. Willeke-Wetstein. 2004.** The environmental implications of high intensity livestock systems - identifying environmental indicators. Department of Livestock Ecology, Justus-Liebig University, Ludwigstrasse 21, 35390, Giessen, Germany. <http://www.macaulay.ac.uk/elpen/work1/cwwelpen.html>

**Yurjevic, A. 1999a** Introducción al Desarrollo Sustentable. Programa de Magíster “Gestión en Desarrollo Rural y Agricultura Sustentable”. Universidad Católica de Temuco, Chile

**Yurjevic, A. 1999b.** Paradigmas de Manejo Ambiental. Programa de Magíster “Gestión en Desarrollo Rural y Agricultura Sustentable”. Universidad Católica de Temuco, Chile