

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



Análisis de las emisiones de amoniaco a la atmósfera procedente de las explotaciones de porcino de la Comunidad Valenciana utilizando metodologías SIG

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNO: David Sanes Linares

TUTORA: Áurea Gallego Salguero

CO-TUTOR: Salvador Calvet Sanz

Curso Académico: 2013-2014

VALENCIA, Junio de 2014

Reserva de todos los derechos

Análisis de las emisiones de amoníaco a la atmósfera procedente de las explotaciones de porcino de la Comunidad Valenciana utilizando metodologías SIG

Alumno: David Sanes Linares. Tutora: Áurea Gallego Salguero. Co-tutor: Salvador Calvet Sanz. Valencia, Junio 2014

RESUMEN: La ganadería intensiva tiene un elevado potencial contaminante y por ello está sujeta a normativa legal basada en la conocida como Directiva IPPC (del inglés, prevención y control integrados de la contaminación). Uno de los contaminantes más relevantes en la ganadería es la emisión de amoníaco a la atmósfera. Con el propósito de estimar estas emisiones de amoníaco procedente de las explotaciones porcinas de la Comunidad Valenciana, se utilizó una base de datos en la cual, además de la posición de cada una de las explotaciones, se indica el número de plazas de las mismas, así como el censo de animales existentes para cada una de ellas. En primer lugar, se analizó la distribución espacial del sector porcino en la Comunidad Valenciana utilizando tecnologías de la información (TI) y sistemas de información geográfica (SIG). Posteriormente, las emisiones de amoníaco se calcularon en base a la metodología indicada por la Agencia Europea de Medio Ambiente, y utilizando información del Inventario Nacional de Emisiones en cuanto a la excreción de nitrógeno, y se estimaron los flujos de nitrógeno en cada explotación porcina y con ello la emisión de amoníaco tanto en instalaciones como en almacenamiento de purines y aplicación a campo. De esta manera sabemos que existen 1.229 explotaciones porcinas, de las cuales 101 se localizan en la provincia de Alicante, 412 en la de Valencia y 716 en la de Castellón. La cantidad total de cerdos en la Comunidad se estimó en 1.313.742 cabezas, los cuales generan anualmente 12.625.961 kg de excretas, y la emisión de amoníaco se estima que es de 6.749.450 de kg anuales. Con los resultados obtenidos de las emisiones de amoníaco generadas, geoposicionadas y agrupadas por municipios mediante el uso de tecnologías de la información (TI) y sistemas de información geográfica (SIG), se pueden realizar estudios para correlacionarlos con posibles afectaciones al medio ambiente y a la salud pública: calidad del agua subterránea, contaminación de suelos, riesgos sanitarios, afección territorial, u otros.

Palabras Clave: Amoníaco, Emisiones, Porcino, SIG, Comunidad Valenciana

ABSTRACT: Intensive livestock has a high pollution potential and therefore it is regulated by specific regulation such as the IPPC Directive (Integrated Pollution Prevention and Control). Ammonia emission to the atmosphere is one of the most relevant environmental pollutants in the livestock sector. The aim of this work was to estimate these emissions from swine farms in the Valencian Community. With that purpose, we used a database which contains the location of each swine farm, as well as the capacity and the census of each kind of farm. Firstly, the spatial distribution of the swine sector in the Valencian Community was analyzed. We used information technology (IT) and geographic information systems (GIS). Later, ammonia emission was estimated using the methodology described by the European Environment Agency, and information on nitrogen excretion was obtained from the National Emission Inventory. Nitrogen fluxes were estimated in each farm and then ammonia emission was estimated in animal housing, slurry management and land application of manure. There are 1.229 swine farms in this region. These are distributed in Alicante (101), Valencia (412) and Castellón (716). The total census of swine is 1.313.742 heads. This livestock sector generates 12.625.961 kg of nitrogen excreta per year. Ammonia emission was estimated in 6.749.450 kg per year. Ammonia emissions have been geolocated and grouped by region. These results may be correlated with many different problems in environment and the public health: groundwater quality, soil contamination, health risk, or territorial condition, among others.

Key Words: Ammonia, Emissions, Swine, GIS, Valencian Community

Agradecimientos

¡A mis padres, hermanos, padrinos y abuelos!

No quiero dejar pasar la oportunidad que me brinda la redacción de este Trabajo Fin de Grado para, desde de sus páginas, agradecer de todo corazón a todos aquellos que me han acompañado y han hecho posible llegar hasta este momento en el que se supone que finaliza mi formación universitaria y comienza la etapa para alcanzar otras interesantes metas.

Ha sido afortunado contar con la colaboración de mi tutora, la profesora Áurea Gallego y mi co-tutor el profesor Salvador Calvet, he contado con su amistad, entrega y colaboración plena para el desarrollo de este trabajo, sin su dirección no habría sido posible llevarlo a cabo.

A todos los profesores de esta carrera de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural por impartirnos los conocimientos que a partir de hoy nos convierte en profesionales.

Y de una manera especial a mis compañeros, amigos y amigas, quienes han convertido mi paso por esta Universidad Politécnica de Valencia en una experiencia inolvidable.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación general de la ganadería en la Comunidad Valenciana.....	2
1.1.1. Consideraciones actuales de las explotaciones ganaderas	2
1.1.2. Situación del sector porcino	3
1.2. Análisis de la problemática	4
1.2.1. Marco legislativo	4
1.2.2. Efectos derivados de la explotación intensiva de ganado porcino.....	9
1.2.3. Identificación y valoración de impactos en explotaciones de porcino.....	9
1.2.4. Estudio de factores ambientales, sociales y sectoriales	10
1.2.5. El Amoniaco (NH ₃) en las explotaciones de porcino.....	14
1.3. El cálculo de las emisiones de NH ₃ por el método de Nivel 2 (Tier 2).....	16
1.4. Mejores Técnicas Disponibles.....	18
1.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	20
2. OBJETIVOS	22
3. MATERIAL Y MÉTODOS	23
3.1. Área de estudio	23
3.2. Cartografía	24
3.3. Cálculo de las emisiones de NH ₃ a la atmósfera	24
3.4. Base de datos y metodología SIG.	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Caracterización de la ganadería valenciana.....	29
4.2. Estructura del sector porcino.....	30
4.3. Emisión de NH ₃	35
5. CONCLUSIONES	43
6. BIBLIOGRAFÍA	44
7. ANEXOS	47

NOMENCLATURAS Y ABREVIATURAS

AAI	Autorización Ambiental Integrada
BOE	Boletín Oficial del Estado
CH ₄	Metano
CNIG	Centro Nacional de Información Geográfica
COV	Compuesto Orgánicos Volátiles
CO ₂	Dióxido de carbono
Cu	Cobre
ED50	European Datum 1950
EEA	European Environment Agency
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INE	Instituto Nacional de Estadística
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control (Prevención y Control Integrados de la Contaminación)
MTD's	Mejores Técnicas Disponibles
N	Nitrógeno
NH ₃	Amoniaco
NO _x	Óxidos de nitrógeno
N ₂ O	Óxido nitroso
P	Fósforo
SIG	Sistemas de Información Geográfica
T	Toneladas
TAN	Total Ammoniacal Nitrogen
TFG	Trabajo Fin de Grado
UE	Unión Europea
UG/UGM	Unidad Ganadera o Unidad Ganadera Mayor
VLE	Valor Límite de Emisión
Zn	Cinc

1. INTRODUCCIÓN

Como cuestión previa, el autor desea comentar que a la hora de llevar a cabo el presente Trabajo Fin de Grado (TFG) en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural se ha tenido presente que, si bien se trata de un trabajo académico, su redacción se ajusta a las formas y contenidos reglados de trabajos similares que, de forma inmediata, va a tener que realizar en el ejercicio de su futura profesión.

Así, considerando este Trabajo Fin de Grado un ejercicio original e individual en el ámbito de las tecnologías de la Ingeniería Agrícola, en él se sintetizan e integran los conocimientos y las competencias adquiridas en las distintas disciplinas cursadas a lo largo de los ejercicios académicos que anteceden.

Por tanto, este TFG, aunque trabajo académico, debe entenderse como una actividad puente en la que se pretende ayudar a lograr la transición de estudiante a futuro profesional, reflexionando sobre las consecuencias y responsabilidades derivadas del futuro trabajo a desarrollar en esta rama de la Ingeniería.

Para situar en contexto el desarrollo de este trabajo, cabe señalar que en los últimos años, el desarrollo y la intensificación de la ganadería ha dado lugar a un aumento de la problemática medioambiental ligada a la actividad ganadera en aquellas zonas donde el crecimiento ha sido desordenado.

Además, cabe señalar que en la actualidad existe una creciente preocupación por el papel que ejerce la ganadería intensiva sobre el medio ambiente y la emisión de gases contaminantes a la atmósfera como el amoníaco (NH_3) y los gases de efecto invernadero (GEI).

Según el Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, dentro del sector ganadero se considera que el estiércol es responsable de un gran porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero como el metano (CH_4) y de otros gases potencialmente peligrosos como el NH_3 .

Así, de una forma general, existen explotaciones ganaderas, que por su grado de intensificación productiva, están sometidas a la vigente Ley 16/2002 (y su posterior modificación según la Ley 5/2013), de prevención y control integrados de la contaminación, que transpone la Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (conocida como Directiva IPPC -*Integrated Pollution Prevention Control*-), de 15 de enero de 2008, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación y que somete a autorización las actividades industriales y agrícolas que presentan un elevado potencial de contaminación, como es en el caso objeto de este trabajo de estudio de las explotaciones de ganado porcino.

En el marco del protocolo de Kioto (1997), los países firmantes, España entre ellos, persiguen una disminución de las emisiones. Cabe nombrar además, el protocolo de Gotemburgo adoptado para luchar contra la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico donde se establecen límites máximos de emisión para los contaminantes azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y amoníaco que se negocian en función de evaluaciones científicas de los efectos de la contaminación y las opciones de reducción. En 2012 sufre una actualización, con objetivos más ambiciosos, que consiste en la reducción de

las emisiones de la UE alrededor del 60% para el azufre, el 40% de óxidos de nitrógeno (NOx), el 30% de compuestos orgánicos volátiles (COV), el 6% para el amoníaco y el 20% de partículas en comparación con los niveles de 2005.

Para ello, en la actualidad se fomenta la aplicación de medidas complementarias como son las denominadas Mejores Tecnologías Disponibles (MTD's) desde diversos ámbitos de la producción animal con el fin de prevenir la contaminación a lo largo de todo el proceso productivo.

La utilización de las MTD's, por parte de los productores de porcino permite desarrollar la actividad de una manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente, sin perder por ello competitividad en el sector, tratando principalmente en realizar una adecuada gestión ambiental de su explotación ganadera, haciendo especial hincapié en la gestión de los subproductos animales y las emisiones a la atmósfera.

En este último sentido, la producción animal implica la propia producción y la emisión de gases realizadas especialmente por la ganadería intensiva como el dióxido de carbono (CO₂), la emisión de óxido nitroso (N₂O), y metano, así como el amoníaco.

En el caso concreto del amoníaco, la eliminación del mismo a la atmósfera se ha convertido en un verdadero problema para muchas explotaciones porcinas de la Unión Europea, sobre todo en aquellas que se encuentran próximas a zonas de especial protección medioambiental.

En este sentido, la Directiva IPPC de la UE intenta reducir la contaminación por amoníaco, ya que son miles de toneladas de este gas las que se producen en las granjas de porcino, de manera que si no se tienen en cuenta estas emisiones, pueden suponer un freno para la actividad del sector.

Así pues, con este trabajo se pretende el análisis y cuantificación de las emisiones de amoníaco a la atmósfera procedente de las explotaciones de porcino en cada una de las provincias de la Comunidad Valenciana con el objetivo de determinar, con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG), las zonas más conflictivas y problemáticas, estudiando las posibles razones que han podido desencadenar en las altas emisiones en cada una de ellas.

1.1. SITUACIÓN GENERAL DE LA GANADERÍA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

1.1.1. Consideraciones actuales de las explotaciones ganaderas

Según datos de la Consellería de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua, el sector ganadero aporta a la producción final agraria de la Comunidad Valenciana más del 21% de su valor total, con oscilaciones que dependen de las cantidades producidas y sus cotizaciones (www.agricultura.gva.es/ganaderia).

La estructura del sector ganadero se encuentra claramente diferenciada en los siguientes:

- a) Ganadería Extensiva: sector que se encuentra formado por explotaciones de las especies bovina, ovina y caprina. Constituye una de las principales actividades económicas en el medio rural, sobre todo en las comarcas del interior donde contribuye tanto directa como indirectamente al sostenimiento económico, así como a la fijación de población de las mismas. Asimismo cumple una importante función en la preservación del medio natural.

- b) Ganadería Intensiva: éste se encuentra constituido por explotaciones de las especies bovina, cunícola, avícola y porcino, cuya distribución geográfica es más homogénea a lo largo de la Comunidad, pero concentrándose sobre todo en las provincias de Castellón y Valencia. Se caracteriza por tener instalaciones con un alto grado de tecnificación y una mano de obra cualificada.

Según los datos consultados, en la Comunidad Valenciana, tanto de una forma general como en el análisis pormenorizado por provincias, las especies ganaderas predominantes son las de porcino y aves; sectores ambos con evidente problemática medioambiental como consecuencia del alto grado de intensificación productiva y de industrialización que presentan como producciones ganaderas, y ello, propiciada por las características zootécnicas de ambas especies.

Así pues, como ya se ha comentado anteriormente, aunque en la Comunidad Valenciana se encuentran un importante número de explotaciones ganaderas, de gran variedad de especies, como las de ovino, caprino, bovino, caballos, conejos y aves, nuestro trabajo se centrará sobre las explotaciones de ganado porcino tal y como queda reflejado en los siguientes capítulos.

1.1.2. Situación del sector porcino

El sector porcino en la Comunidad Valenciana es una de las producciones ganaderas más importantes, estando esta actividad muy localizada en determinadas áreas geográficas.

La producción intensiva de cerdos en la Comunidad Valenciana abarca granjas de maternidad, de transición, de cebo, de ciclo cerrado y de producción mixta, granjas de recría y otras.

Estas distintas explotaciones se diferencian, dependiendo de su orientación productiva, en el tipo de animal final que producen:

- a) De este modo, en *explotaciones de maternidad* se obtienen lechones recién destetados de alrededor de 6 kg de peso que son vendidos normalmente para su cría posterior en otras instalaciones, de transición o cebaderos.
- b) De *transición*. Los lechones normalmente permanecen hasta los 20 kg aproximadamente.
- c) *Cebaderos*. Desde las de transición pasan los lechones a los cebaderos, donde engordan hasta los 100 kg aproximadamente o hasta el peso de sacrificio.
- d) Las explotaciones llamadas de *ciclo cerrado*, son aquellas en las que todo el proceso (nacimiento, cría, recría y cebo) se da en la misma explotación.
- e) Las explotaciones de *tipo mixto* son, como su nombre indica, explotaciones que envían parte de los lechones nacidos para la recría o el cebo.
- f) Las *explotaciones de recría* son aquellas que se encargan de la recría y/o engorde de lechones para la reproducción.
- g) Y para finalizar se consideran como *otras* explotaciones, aquellas que se dedican a selección, inseminación artificial o multiplicación.

1.2. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

La necesidad de proteger a los bienes integrados en el dominio público (aire, suelo y agua) requiere de una intervención administrativa que debe abarcar tanto la acción reparadora como una actuación preventiva.

El sector ganadero europeo se ha visto sometido en los últimos años a una importante presión social y legal. Las crisis alimentarias, centradas en varias ocasiones en productos ganaderos, y la preocupación por reducir los impactos medioambientales, han provocado la creación de normas legales de implantación progresiva y con exigencias crecientes.

1.2.1. Marco legislativo

El marco normativo ha sido impulsado fundamentalmente por la Unión Europea, y desarrollado mediante legislación de carácter nacional y autonómico.

Así pues, la Unión Europea fija las obligaciones que deben cumplir las actividades industriales y agrarias con un elevado potencial de contaminación.

La aplicación de esta normativa se traduce en consecuencias prácticas de gran trascendencia para las instalaciones afectadas, ya que se modifica sustancialmente el sistema de concesión de licencias preceptivas para su funcionamiento, aglutinándolas en una figura administrativa única, la Autorización Ambiental Integrada (AAI), y estableciendo los Valores Límites de Emisión (VLE).

El nuevo sistema de permisos tiene como objetivo principal, garantizar que los titulares de las instalaciones adopten medidas para la prevención o control de la contaminación, en especial mediante la aplicación de las consideradas MTD's recogidas en los Documentos de Referencia Europeos de las Mejores Técnicas Disponibles (BREFs) aprobados para cada sector por la Comisión Europea.

A) La normativa europea

Existen numerosas directivas de carácter europeo que luego son traspuestas a la legislación nacional, nos centraremos en algunas de ellas directamente relacionadas con los elementos contaminantes objeto de estudio.

- **DIRECTIVA 2008/1/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (IPPC).

En ella se establecen medidas para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones de las citadas actividades en la atmósfera, el agua y el suelo, incluidas las medidas relativas a los residuos, con el fin de alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente considerado en su conjunto. Somete a autorización las actividades industriales y agrícolas que presentan un elevado potencial de contaminación.

Así se habla de las Mejores Técnicas Disponibles: "la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente".

Los principios generales de las obligaciones del titular de las instalaciones sujetas a esta regulación son las siguientes:

- a) se tomen todas las medidas adecuadas de prevención de la contaminación, en particular mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles;
- b) no se produzca ninguna contaminación importante;
- c) se evite la producción de residuos, de conformidad con la Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos; si esto no fuera posible, se reciclarán o, si ello fuera imposible técnica y económicamente, se eliminarán, evitando o reduciendo su repercusión en el medio ambiente;
- d) se utilice la energía de manera eficaz;
- e) se tomen las medidas necesarias para prevenir los accidentes graves y limitar sus consecuencias;
- f) al cesar la explotación de la instalación, se tomarán las medidas necesarias para evitar cualquier riesgo de contaminación y para que el lugar de la explotación vuelva a quedar en un estado satisfactorio.

- **DIRECTIVA 2008/50/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.

Su objetivo es definir y fijar los objetivos relativos a la calidad del aire ambiente, con el fin de reducir los efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Para ello se establecen criterios y métodos comunes en los Estados miembros para evaluar la calidad del aire con el objetivo de obtener información para su control y fomentar la cooperación para reducir la contaminación atmosférica.

- **DIRECTIVA 91/676/CEE** del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

El objetivo de la presente Directiva es reducir la contaminación causada o provocada por los nitratos de origen agrario, y actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha clase. En este caso cada miembro elaborará un código de buenas prácticas y un programa de actuación en las zonas vulnerables. Dicho código debe establecer los periodos y sistemas de aplicación de fertilizantes y la capacidad de los tanques de almacenamiento de estiércol para evitar la contaminación del agua por filtración. En los programas de acción deberán incluirse los periodos de prohibición de la aplicación de determinados fertilizantes y su limitación en zonas vulnerables.

Estas medidas evitarán que, para cada explotación o unidad ganadera, la cantidad de estiércol aplicada a la tierra cada año, incluso por los propios animales, exceda de una cantidad por hectárea especificada. La cantidad especificada por hectárea será la cantidad de estiércol que contenga 170 kg N.

- **DIRECTIVA 2006/118/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

El objetivo de la presente Directiva es prevenir y luchar contra la contaminación de las aguas subterráneas. Las medidas previstas al respecto incluyen criterios para evaluar el estado químico de las aguas, criterios para determinar tendencias al aumento significativas y sostenidas de concentraciones de contaminantes en las aguas subterráneas y definir puntos de partida de inversión de dichas tendencias y prevención y limitación de los vertidos indirectos de contaminantes en las aguas subterráneas (como resultado de su filtración a través del suelo o del subsuelo).

- **DIRECTIVA 2008/98/CE** del Parlamento Europeo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos.

Esta Directiva sobre residuos ha dado un impulso para evitar la producción de residuos y su utilización como recurso. En esta directiva se mantiene el planteamiento tradicional de la normativa sobre residuos que se basa en la “jerarquía de residuos”, que consiste en un orden ideal de operaciones con residuos, en primer lugar los residuos deben evitarse (medidas de prevención primaria) y si no se pueden evitar, reciclarse en la medida de lo posible.

Como elemento innovador, la nueva directiva reconoce el impacto medioambiental en todo el ciclo de vida del producto.

En esta Directiva de Residuos, se observa el carácter técnico de su elaboración, se habla de conceptos tales como residuo y subproducto como elemento clave para el posterior desarrollo de la regulación, la delimitación entre un concepto y otro determina el ámbito de aplicación de la directiva. También se incorporan conceptos como residuos peligrosos, con la elaboración de una lista de residuos peligrosos que tiene carácter vinculante.

Son varios los principios que se establecen en esta Directiva Marco de Residuos, el principio de autosuficiencia, que aplica los Estados miembros y el de responsabilidad ampliada del productor, que luego tendrán su reflejo en la legislación española en la Ley 22/2011, de Residuos y suelos contaminados.

La directiva también impone a los Estados miembros la obligación de la elaboración de Planes de Gestión de Residuos, con la exposición de medidas que van a tomar para mejorar la reutilización, reciclado, valorización y eliminación de residuos de forma respetuosa con el medio ambiente y una evaluación del mismo, para ver en qué medida contribuye a la aplicación de los objetivos que plantea la Directiva. Todo este desarrollo, desde un prisma técnico, indica entre contenido obligatorio y potestativo de las acciones de estos planes. Estos programas serán objeto de evaluación cada seis años.

- **DIRECTIVA 2008/120/CE** del Consejo de 18 de diciembre de 2008 relativa a las normas mínimas para la protección de los cerdos.

En dicha directiva se establecen los requisitos de las explotaciones en relación a superficie y características del suelo que deberá disponer cada cerdo, y sistemas de alimentación que garanticen que cada animal pueda comer suficientemente, aun en presencia de otros animales que compitan por la comida.

B) La normativa española.

A continuación, se describe, aquella parte de la extensa normativa estatal a tener en cuenta en el presente trabajo:

- **REAL DECRETO 324/2000**, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. En este Real Decreto se establecen, en su Anejo I, las equivalencias en UGM de los distintos tipos de ganado porcino, determina el número de animales y se establece la capacidad máxima, 864 UGM, para la autorización de instalación de explotación porcina. En el caso de explotaciones mixtas, donde coexistan diferentes categorías porcinas, se aplicará lo establecido en el mismo.

- **REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001**, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Establece que los márgenes de los cauces están sujetos, en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre de 5 metros de anchura, para uso público que se regulará reglamentariamente y a una zona de policía de 100 metros de anchura en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que se desarrollen.

- **LEY 16/2002**, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, en la que se enumeran las actividades industriales sujetas a dicha norma, entre las que se recogen, en el punto 9 de su anejo las industrias agroalimentarias y las explotaciones ganaderas, siendo el punto 9.3. donde se incluyen las instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos que dispongan de más de:

a) 40.000 emplazamientos si se trata de gallinas ponedoras o del número equivalente para otras orientaciones productivas de aves.

b) 2.000 emplazamientos para cerdos de cría (de más de 30 kg).

c) 750 emplazamientos para cerdas.

- **LEY 34/2007**, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

- **REAL DECRETO 508/2007**, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas. Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes.

- **REAL DECRETO 509/2007**, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

- **LEY 22/2011**, de 28 de julio, de residuos y Suelos Contaminados. Ésta constituye uno de los pilares de la legislación estatal en materia de residuos y se considera su aplicación a la gestión de purines de ganado porcino. Para la aplicación del derecho ambiental en materia de gestión de estiércoles en el caso español hay que tener en cuenta la consideración del purín como residuo o subproducto. La complejidad en cuanto a la definición legal del purín radica en el solapamiento existente entre la normativa de subproductos y la normativa de residuos principalmente.

Hay que resaltar que el desarrollo regulativo en esta materia es extenso y en continua evolución y que genera una gran cantidad de normas y procedimientos muchos de ellos de difícil aplicación y en ocasiones desconocidos para los productores ganaderos.

- **REAL DECRETO 100/2011**, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.

- **LEY 5/2013**, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. En la misma se da una nueva redacción al art. 9 referido a las instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos según el número de plazas:

a) 40.000 plazas si se trata de gallinas ponedoras o del número equivalente en excreta de nitrógeno para otras orientaciones productivas de aves de corral.

b) 2.000 plazas para cerdos de cebo de más de 30 kg.

c) 750 plazas para cerdas reproductoras.

C) La normativa autonómica de la Comunidad Valenciana

La Comunidad Valenciana ha regulado todo ello y, entre otras normativas, sobre actividades e instalaciones ganaderas, cabe destacar:

- **DECRETO 13/2000**, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano, por el que se designan en el ámbito de la Comunidad Valenciana, determinados municipios como zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Dicha designación de municipios es ampliada en el anexo del Decreto 11/2004, de 30 de enero, del Consell de la Generalitat.

- **LEY 6/2003**, de 4 marzo, de la Generalitat, de ganadería de la Comunidad Valenciana, donde entre otros contenidos normativos establece, en el Capítulo I, relativo a las instalaciones y otros medios, del Título IV, en su art. 53 que el emplazamiento de las instalaciones ganaderas ha de ser compatible urbanísticamente con la actividad e indica las distancias mínimas a núcleos urbanos en función de su población y en su art. 54 se relacionan las distancias de seguridad sanitarias que deben guardarse entre instalaciones de la misma especie ganadera, en función de su capacidad, modificándose éste último en el art. 92 del capítulo XIII de la Ley 16/2010, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, de Gestión Administrativa y Financiera, y de Organización de la Generalitat.

En este punto, resulta conveniente aclarar que muchas explotaciones no cumplen las condiciones urbanísticas establecidas en esta Ley, bien por el crecimiento de los cascos urbanos o porque las exigencias legislativas no eran tan restrictivas en el momento de su instalación, y no disponen de licencia municipal de actividad. A este respecto, la Ley 6/2003, en el apartado cuarto de la Disposición Transitoria Tercera, permite el mantenimiento temporal de la actividad durante quince años, siempre que las instalaciones se adecuen desde el punto de vista medioambiental y estuvieran inscritas en la Lista de Explotaciones Ganaderas cuando entró en vigor el Decreto 76/1995, de 2 de mayo, del Gobierno Valenciano, por el que se crea la lista de explotaciones ganaderas y se dictan normas relativas a la documentación y ordenación sanitaria de las mismas en el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana.

- **LEY 2/2006**, de prevención de la contaminación y calidad ambiental de la Comunidad Valenciana, que se desarrolla en el Decreto 127/2006, amplía el número de actividades

sometidas al procedimiento de AAI y regula otros instrumentos de intervención administrativa para el resto de actividades de menor incidencia ambiental.

- **ACUERDO** de 21 de julio de 2006, del Consell, por el que se aprueba el Plan Estratégico de la Ganadería Valenciana, en el marco del Plan Millorar.

Este Plan diseñado a través de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, establece actuaciones y estrategias a aplicar a los distintos componentes del sector ganadero para conseguir mejorar la rentabilidad de las explotaciones ganaderas.

1.2.2. Efectos derivados de la explotación intensiva de ganado porcino

Como ya se ha comentado anteriormente, en los últimos años el deterioro ambiental es motivo de gran preocupación. La sociedad, en general, está muy sensibilizada con los impactos medioambientales provocados por las diferentes actividades antropogénicas en el medio. Es por ello que las diferentes directivas medioambientales europeas han dispuesto que la ganadería intensiva, en especial la porcina (y la avícola), sean actividades reguladas, valorando conjuntamente los impactos producidos en cada uno de los elementos: agua, aire y suelo.

Como actividad productiva, la ganadería presenta interacciones con el medio en el que se desarrolla, siendo la producción de estiércoles, incluidos los purines, y las emisiones de gases de efecto invernadero (metano y óxido nitroso) así como amoniaco, los parámetros medioambientales que tienen cada día más repercusión sobre los sistemas de producción ganadera y la gestión de sus estiércoles.

Los principales efectos negativos ligados a las explotaciones ganaderas intensivas de porcino son los relacionados con la producción y acumulación de grandes volúmenes de estiércoles, que pueden plantear problemas de gestión de los mismos, si bien hay que aclarar que el producto en sí, inicialmente, no contiene compuestos de alto riesgo medioambiental.

En este sentido, considerando además que estas producciones ganaderas son predominantemente las que encontramos en la Comunidad Valenciana, los principales factores problemáticos ligados a ellas, entre otros, son tanto la contaminación de las aguas subterráneas como las superficiales, los olores y las emisiones contaminantes a la atmósfera.

En definitiva, el impacto ambiental en la producción porcina se deriva principalmente de las emisiones y de la producción y gestión de estiércoles, incluidos los purines.

1.2.3. Identificación y valoración de impactos en explotaciones de porcino

El suelo, el agua, la atmósfera, el medio biótico y el social son los distintos medios que pueden ser afectados por las diversas acciones de la explotación porcina.

No obstante, el impacto potencial de dichos riesgos sobre el medio ambiente puede ser muy diferente, pudiéndose clasificar de acuerdo a su importancia y que por establecer un orden decreciente, y según se describe en MTD's, son:

- a) Gestión de las deyecciones ganaderas: se exige a las explotaciones porcinas que dispongan de una capacidad de almacenamiento equivalente a 3 meses de producción de purines, y que las balsas estén construidas con materiales impermeables.

b) La prevención de la contaminación de las aguas: justificación del destino final de los purines mediante contratos con gestores. Normalmente la administración solicita al ganadero la acreditación de la superficie donde los purines van a ser aplicados, así como los contratos con los propietarios de las parcelas. También se puede exigir al ganadero que justifique la gestión de las aguas pluviales que atraviesan la explotación, si ésta se localiza en las proximidades de ríos o cauces no permanentes de agua.

c) La gestión de residuos peligrosos: el control se garantiza mediante contratos con gestores autorizados de los residuos peligrosos que se generan en la explotación.

d) Las emisiones sonoras: en el exterior de los alojamientos ganaderos no se debe sobrepasar el límite sonoro que indica la legislación. La contaminación acústica en las explotaciones porcinas tiene algunos focos potenciales de emisión de escasa intensidad, tales como los propios animales, los motores y bombas de los equipos, las calderas, y otros de nivel sonoro algo mayor como los grupos electrógenos y los ventiladores. Los riesgos más relevantes de las emisiones sonoras son el impacto sobre la salud de los trabajadores y el estado sanitario de los animales cuyo efecto más notable es la alteración de su comportamiento.

e) La seguridad y salud de los trabajadores en la explotación.

Así, el impacto potencial de las explotaciones sobre el medio ambiente dependerá, en primer lugar, del tamaño y del manejo que se realice en la explotación porcina y de las acciones destinadas a la prevención de la contaminación, y en segundo lugar, de la vulnerabilidad del medio donde esté ubicada la explotación. En definitiva, los impactos medioambientales reales variarán de una explotación ganadera a otra.

1.2.4. Estudio de factores ambientales, sociales y sectoriales

Las afecciones medioambientales asociadas a la gestión de estiércoles podrían agruparse en:

a) Calentamiento global - emisión de GEI: CO₂, N₂O y CH₄.

b) Contaminación difusa del agua provocada por nitratos y/o fosfatos.

c) Acidificación - volatilización de amoníaco. Afecta negativamente a ecosistemas sensibles y genera pérdida de biodiversidad.

d) Contaminación de suelos - acumulación de fósforo (P) y metales pesados (Cu y Zn utilizados en la alimentación) y salinización en regiones semiáridas.

e) Emisión de malos olores.

f) Riesgos sanitarios.

g) Afección territorial.

Los malos olores y la emisión de gases de efecto invernadero son problemáticas conocidas en la gestión habitual de los purines. Además, el vertido de los purines excedentes da origen a graves contaminaciones del suelo, de las aguas superficiales, provocando graves problemas ambientales en las zonas de alta concentración ganadera.

Los efectos ambientales, sociales y sectoriales de la ganadería se muestran en la Figura 1

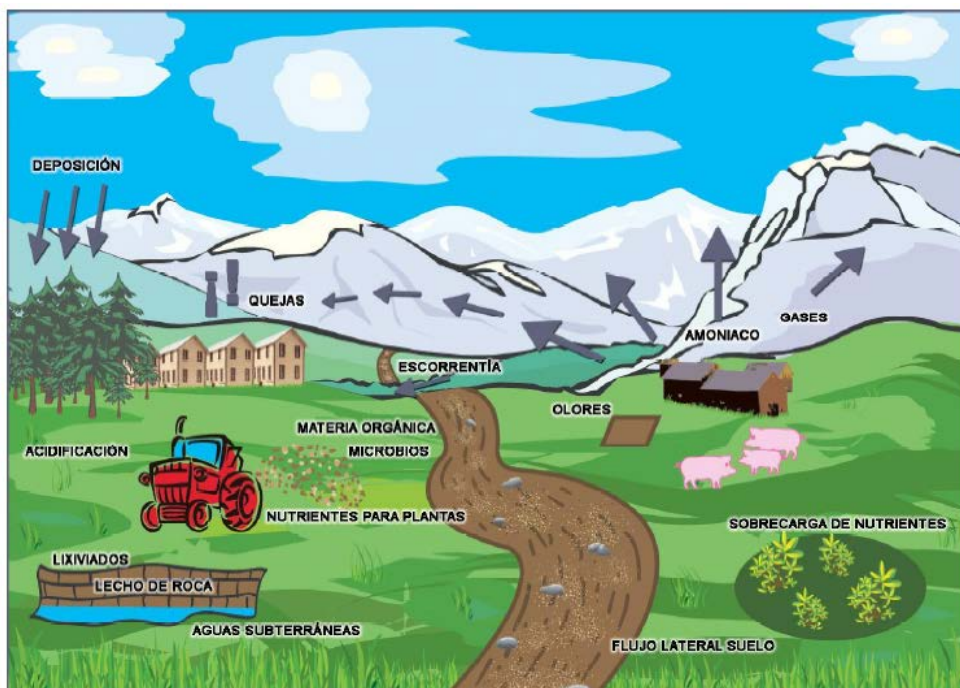


Figura 1. Aspectos medioambientales relacionados con la cría de ganado intensivo. Fuente: Guía de Mejores Técnicas Disponibles de la Comunidad Valenciana

a) Calentamiento global

Según un estudio realizado en 2009 por el Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea, el sector ganadero genera entorno al 12% de los gases de efecto invernadero de los países que forman parte de la Unión Europea, atribuyendo a la producción porcina alrededor del 25% de estas emisiones. Recientemente, en mayo de 2014, la European Environment Agency (EEA) ha publicado el Inventario anual de gases de efecto invernadero de la Unión Europea 1990-2012 e informe del inventario 2014. Este informe presenta las emisiones de GEI entre 1990 y 2012 para la UE-28, UE-15, los Estados miembros y el sector económico.

El CO₂ es el principal gas que contribuye al efecto invernadero. Las emisiones de este gas son consecuencia, principalmente, del uso de combustibles fósiles en la calefacción de los locales de la explotación y en el transporte de los animales. La contribución de la actividad ganadera a las emisiones de CO₂ es, sin embargo, muy pequeña en comparación con otras fuentes de emisión. Aunque la respiración de los animales y la descomposición del estiércol supongan una fuente de CO₂, esta no se considera como una fuente neta, ya que forma parte de un ciclo cerrado a corto plazo con la captura del mismo por la fotosíntesis en las plantas. La mejor forma de reducir las emisiones de este gas es mejorando la eficiencia energética en la explotación ganadera.

Aproximadamente un tercio de las emisiones de N₂O son de origen antropogénico. De los distintos sectores de actividad que generan emisiones de N₂O en España, la agricultura es el sector que contribuye en mayor medida a las mismas, siendo responsable de un 75% del total de las emisiones. No obstante, del total de las emisiones de agricultura, tan sólo el 10% de éstas se atribuyen a la ganadería, y concretamente, a los procesos de gestión de estiércoles y

purines. El N_2O contribuye al calentamiento global y a la destrucción de la capa de ozono. El potencial de calentamiento de una molécula de N_2O equivale a 310 moléculas de CO_2 equivalente (IPCC, 2007).

En cuanto al CH_4 , la mayor parte de las emisiones se atribuyen al sector agrario, concretamente a la ganadería a través de los procesos de fermentación entérica y gestión de estiércol. El metano es producido en una explotación ganadera a través de dos vías: la fermentación entérica de los animales, prácticamente inexistentes en los cerdos, y los procesos anaeróbicos que tienen lugar en la acumulación de las deyecciones. Ambos procesos se basan en la descomposición bacteriana de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. El metano interviene en aspectos atmosféricos de gran importancia. Por una parte, es un GEI que contribuye al calentamiento global del planeta y, además, aumenta la concentración de ozono troposférico y contribuye a la destrucción de la capa de ozono. Se trata de un gas con un elevado poder contaminante, de forma que una molécula de CH_4 equivale a 21 de CO_2 equivalente (IPCC, 2007).

b) Contaminación del agua - Eutrofización-

La contaminación difusa es un problema generalizado en toda Europa, con especial relevancia en aquellas zonas de elevada carga ganadera. A la agricultura se le considera responsable del 50-80% de la carga de nitratos en el agua.

La consecuencia de esta situación ha sido la pérdida de calidad ecológica del agua dulce y del hábitat de las costas. El nitrato causa eutrofización en las aguas superficiales, un crecimiento desmesurado de algas que tiene como resultado una deficiencia de oxígeno en el agua, originando la pérdida de biodiversidad, reduciendo la calidad del agua de boca, que a su vez origina elevados costes de tratamiento, además de tener un efecto negativo en el valor recreativo y en la economía rural de las áreas afectadas.

Un reciente informe de la Comisión Europea (2010) de seguimiento de la Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias refleja que “Se entenderá por eutrofización el aumento de nutrientes en el agua, especialmente de los compuestos de nitrógeno o de fósforo, que provoca un crecimiento acelerado de algas y especies vegetales superiores, con el resultado de trastornos no deseados en el equilibrio entre organismos presentes en el agua y en la calidad del agua a la que afecta”.

c) Acidificación

Según EEA (2013), en su informe anual sobre el inventario de emisiones 1990-2011, la agricultura supone el 93% de la emisión total de amoníaco en la UE. Del citado porcentaje, la ganadería representa casi el 70%. Dentro del sector ganadero, el sector porcino contribuye al 15% de las emisiones totales de amoníaco.

La volatilización del amoníaco puede afectar adversamente a los ecosistemas terrestres y acuáticos, alterando la biodiversidad, debido a la acidificación y eutrofización.

La reducción de las emisiones de amoníaco durante la aplicación del purín se considera una prioridad a nivel internacional. En la aplicación de estiércoles los factores que afectan directamente a la volatilización del amoníaco son: la temperatura, el pH, la velocidad del

viento, la concentración de nitrógeno amoniacal en el purín, la transferencia suelo-aire, el área que queda expuesta y el tiempo de exposición. Por lo tanto, todos aquellos métodos que minimicen el contacto del purín con el aire favorecen la reducción de la volatilización de amoníaco y la emisión de olores (Botermans *et al.* 2010, Prapasongsa *et al.* 2010, Webb *et al.* 2010).

d) Contaminación del suelo

El cerdo asimila entre el 15-40% del fósforo que ingiere con el alimento, el resto lo excreta (Suzuki *et al.* 2010). La aplicación reiterada de purín basada en el N genera una acumulación continuada de P en el suelo, debido a que la relación N-P es inferior al requerimiento de los cultivos para un crecimiento óptimo. Además, se reduce progresivamente la capacidad del suelo de retención de P por adsorción, por lo que se incrementa el riesgo de contaminar los acuíferos por escorrentía o lavado.

En cuanto a metales pesados, el cobre (Cu) se añade a los piensos como promotor del crecimiento y el cinc (Zn) como aditivo para prevenir las diarreas post-destete. La mayor parte del Cu y el Zn se excretan, por lo que consecuentemente se encuentran en elevadas concentraciones en el purín y acaban acumulándose en el suelo, donde a medio y largo plazo pueden generar riesgos de toxicidad para plantas y microorganismos.

e) Olores

La emisión de olores derivados de la producción y manejo del purín es una molestia importante en muchas zonas rurales, que actúa en detrimento de la calidad de vida y en ocasiones genera problemas sociales debidos al impacto negativo en otras actividades económicas o rechazo de otras.

El olor, debido a la gestión y manejo de estiércoles y purines, es el impacto más directamente perceptible de todos los que se producen en una explotación ganadera y, por lo tanto, es el problema que más sensibiliza a la población y posiblemente el que más quejas ocasiona.

Además, el problema es independiente del tamaño de la explotación ganadera, con lo cual todas ellas son susceptibles de generar este problema social.

Como norma genérica, actualmente, solo se tienen en cuenta las distancias legales mínimas entre la explotación y la población, establecidas por la Ley de Ganadería de la Comunidad Valenciana. Así, en la Ley 6/2003, de 4 de marzo, de ganadería de la Comunidad Valenciana, en el Título IV, referente a la producción ganadera, en su Capítulo I sobre las instalaciones y otros medio específica en su artículo 53 que “En todo caso, y sin perjuicio de que pueda exigirse por aquellos instrumentos una distancia mayor, las referidas instalaciones se ubicarán a una distancia mínima de los núcleos de población de 1.000 metros de los núcleos de población superior a 2.000 habitantes, de 500 metros como mínimo para núcleos entre 500 y 1.999 habitantes, y de 250 metros en núcleos de población inferiores a 500 habitantes”.

f) Riesgos sanitarios

Históricamente el riesgo sanitario asociado a la utilización del estiércol ha sido bajo, pero en las últimas décadas, en las que se ha producido una intensificación y concentración de la

ganadería, este aspecto ha adquirido mayor importancia y existe una mayor preocupación por la contaminación del agua y alimentos con patógenos presentes en el purín porcino (Vanotti *et al.* 2005, Burton 2009). El estiércol puede contener microorganismos, parásitos y virus por lo que existe un riesgo potencial de propagación de enfermedades animales y zoonosis. Esta propagación puede ocurrir desde la granja o durante el proceso de aplicación agrícola a través del medio ambiente, la cadena alimentaria o el agua (Martens y Böhm 2009).

El estiércol se ha convertido en un reservorio de bacterias resistentes y se supone que su aplicación al campo ha incrementado significativamente los genes de resistencia a antibióticos y la selección de la flora bacteriana del suelo resistente.

Cabe señalar, desde el punto de vista sanitario y según estudios publicados, que las emisiones de amoníaco procedentes de la ganadería contribuyen de forma significativa a la formación de partículas secundarias como nitrato amónico y sulfato amónico así como otras micropartículas que presentan un efecto adverso sobre las vías respiratorias y el sistema cardiovascular (Carew 2010, Lillyman *et al.* 2009, Anderson *et al.* 2002).

g) Afección territorial

Las instalaciones ganaderas intensivas pueden causar afecciones a los núcleos de población adyacentes. De esta forma, es necesario establecer directrices generales para la ordenación de las actividades e instalaciones ganaderas, con la finalidad de potenciar la localización más racional de las mismas en el territorio, desde el punto de vista urbanístico, posibilitando tanto el desarrollo de la actividad ganadera, así como preservar los recursos naturales de las afecciones generadas por la misma, y con ello proteger el medio ambiente en general, fijando límites a la instalación de explotaciones ganaderas en el territorio, en función de la capacidad de acogida de los residuos en la superficie agraria útil, y de las afecciones a núcleos de población, zonas industriales y zonas residenciales, aunque estas se encuentren en zonas rústicas sin protección específica.

Por todo ello, es necesario el conocimiento de la situación actual y la regulación de las áreas de expansión ganadera, pues se considera que el modelo de implantación concentrada de explotaciones ganaderas no es el más adecuado, ni desde el punto de vista ambiental, ni sectorial y mucho menos desde el sanitario.

1.2.5. El Amoníaco (NH₃) en las explotaciones de porcino

A medida que se ha ido intensificando la explotación porcina, la concentración de gases en el interior de las naves ha pasado a ser un tema de interés para los diversos técnicos implicados en el sector. Ello es debido a la repercusión que pueden tener algunos gases tóxicos como es el caso del amoníaco, sobre los rendimientos técnicos, el bienestar animal y el impacto ambiental de la zona.

Los purines y estiércoles son ricos en nitrógeno. Una parte muy importante de dicho nitrógeno se encuentra en forma amoniacal (75% en porcino, 85% en aves, 60% en vacuno de leche). Dentro del purín, el amoníaco está en equilibrio entre una forma iónica soluble en agua (NH₄) y una forma gaseosa (NH₃). La forma gaseosa se volatiliza al contacto de la superficie del purín/estiércol con el aire circundante. De esta forma, en cualquier parte que tengamos purín

se produce una emanación de amoniaco al aire de forma continua, siendo el principal gas emitido a la atmósfera en las explotaciones ganaderas.

El amoniaco es un gas incoloro de olor fuerte, soluble en agua y más ligero que el aire, que proviene principalmente de la degradación de la urea presente en la orina. Esta degradación está producida por el enzima ureasa presente en las heces y comienza inmediatamente, en cuanto se ponen en contacto con el aire. Como se ha comentado anteriormente, el amoniaco es el principal gas emitido en las explotaciones ganaderas, siendo el gas responsable de la acidificación de los suelos y la eutrofización de los ecosistemas.

La urea y por lo tanto el amoniaco tienen su origen en el nitrógeno que consumen los animales en los piensos y forrajes, es decir, en la proteína bruta de dichos alimentos. Una vez absorbida, la proteína sufre un proceso metabólico por el cual una parte de la misma pasa a formar parte de los tejidos ó producciones de los animales (crecimiento, leche, fetos, etc), mientras que el resto se elimina por la orina en forma de urea que pasa al purín, siendo susceptible de degradarse hasta amoniaco. Es decir, toda proteína que no se absorbe es eliminada por las deyecciones y el nitrógeno de la misma pasa a formar parte del nitrógeno orgánico contenido en el purín. Así, por ejemplo, según Galassi *et al.*, 2010 cerca del 40% del nitrógeno ingerido es retenido por el animal, siendo el resto excretado en forma de orina (cerca del 40%) y heces (aproximadamente el 20%).

En resumen, sólo una parte del nitrógeno ingerido por los animales en los alimentos es retenido por en su sistema productivo, el resto es excretado por heces y orina. Este nitrógeno excretado se volatiliza en una parte importante y el resto es la parte que queda sobre el terreno a disposición de los cultivos.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo a modo esquematizado del proceso y porcentajes de nitrógeno tras la ingesta y excreta del cerdo.

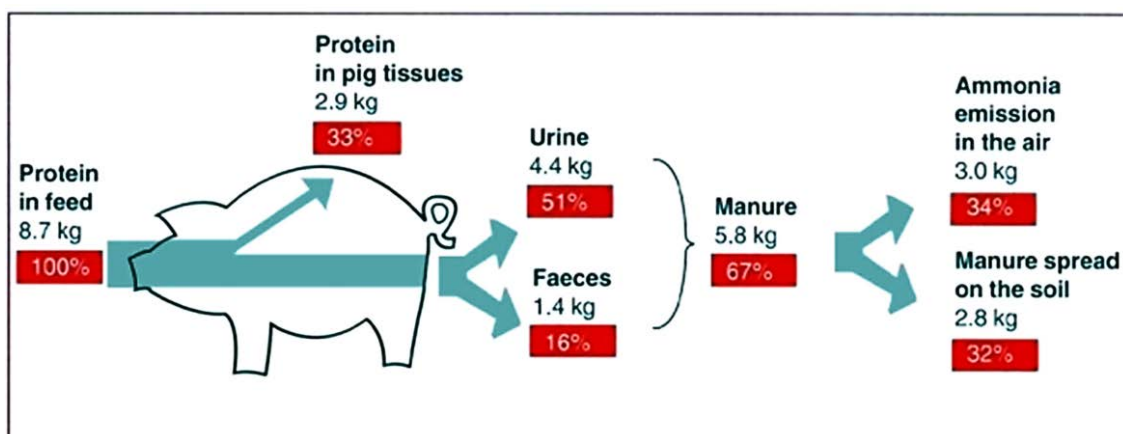


Figura 2. Proceso del nitrógeno durante la ingesta y excreta del cerdo. Fuente: (European Commission, 2003)

Es importante tener en cuenta la importancia relativa de las emisiones de las diferentes etapas de la gestión del estiércol. Para la mayoría de los países las mayores proporciones de emisiones de NH_3 procedentes de la producción ganadera se derivan de los alojamientos destinados a los animales y después de la aplicación de estiércol a campo, cada uno de los cuales, por lo general, representan el 30-40% de las emisiones de NH_3 procedentes de la producción ganadera (EMEP/EEA 2013).

Por último conviene señalar que para el control de las emisiones de NH_3 , existe un número de métodos posibles para la reducción de las mismas. Con cualquiera de estos métodos, es esencial que se tomen las precauciones necesarias para asegurarse de que el nitrógeno está disponible como un nutriente de cultivos y no causa otros problemas ambientales a través de la escorrentía, lixiviación del nitrato (NO_3^-) o emisiones de N_2O .

En resumen, hay cinco enfoques para reducir NH_3 , los cuales son la gestión del nitrógeno, las estrategias de alimentación del ganado para reducir la excreción de nitrógeno y/o TAN, y la reducción de las emisiones de los sistemas de alojamiento, las medidas de mitigación durante el almacenamiento, así como durante y después de la aplicación a campo.

1.3 EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE NH_3 POR EL MÉTODO DE NIVEL 2 (TIER 2)

Como se ha comentado anteriormente, los países deben estimar sus emisiones de NH_3 y GEI y reportarlas en unos inventarios, con el objetivo de verificar los compromisos de reducción. Para la estimación de las emisiones de NH_3 a la atmósfera procedentes de las explotaciones de porcino, es necesario disponer de datos cuantitativos sobre todos los factores indicados en el apartado anterior.

En la práctica, los resultados de esta estimación se pueden resumir proporcionando los factores de emisión "promedio" por animal para cada etapa de emisión para las principales clases de ganado y tipos de manejo, o mediante un factor de emisión total anual. El total de las emisiones de NH_3 son luego escaladas por el número de cada clase de animales referidas para cada país.

El cálculo de estas emisiones se obtendrá con la ayuda de unos modelos estadísticos basados en la estimación de dichas emisiones. Estos modelos son los métodos "Tier" o de niveles, clasificados en grado de importancia y rigurosidad ascendente como Nivel 1, Nivel 2 o Nivel 3.

Para las fuentes de menor importancia, las emisiones pueden ser estimadas usando una metodología de Nivel 1. Esta metodología sencilla consiste en multiplicar un dato de actividad (p.ej. número de animales) por un factor de emisión genérico. Para las fuentes clave, en cambio, es conveniente utilizar una metodología de Nivel 2 o Nivel 3. Esto significa que deben especificarse para cada una de las categorías, como las propias de ganado, las emisiones de los pastos, el alojamiento de animales, el tratamiento del estiércol y el almacenamiento, así como la aplicación de campo.

En cuanto a la elección del método, en la mayoría, si no en todos los países, las principales categorías de ganado son fuentes clave en cuanto a emisiones de NH_3 y es conveniente utilizar para la estimación de las emisiones al menos un método de Nivel 2. Sin embargo, el Nivel 1 puede ser utilizado para las categorías de ganado que juegan un papel menor en el inventario.

La manera de proceder a la hora de elegir el nivel es la siguiente (Figura 3):

- Si la información detallada está disponible, debe ser utilizada.
- Si la categoría de fuente es una fuente clave, es una buena práctica utilizar un método de Nivel 2 o superior para recoger los datos de entrada detallados. El árbol de decisión dirige al

usuario en estos casos al método de Nivel 2, ya que se espera que los datos de entrada necesarios con respecto a la excreción de nitrógeno y los sistemas de gestión de estiércol estén disponibles, pero los factores de emisión específicos de cada país necesarios para un Nivel 3 no están disponibles.

- Se recomienda la alternativa de aplicar un método de Nivel 3 para los países que tienen datos suficientes para permitir la enumeración de los factores de emisión específicos de cada país. Aquellos países que han desarrollado un enfoque de flujo de masa para el cálculo de las emisiones nacionales de $\text{NH}_3\text{-N}$ (nitrógeno amoniacal) deben utilizar ese enfoque sujeto en el cumplimiento de la subsección 4.6 de EMEP/EEA (2013).

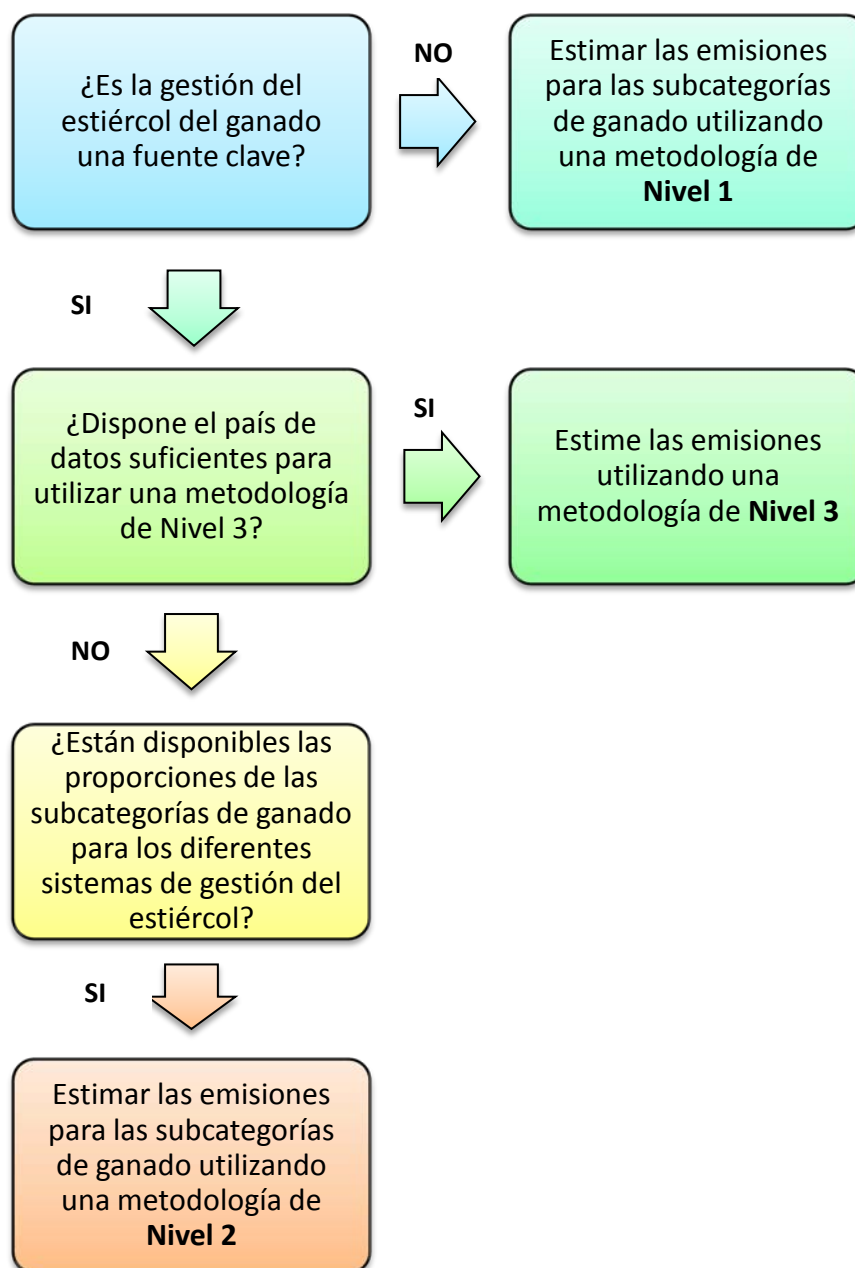


Figura 3. Árbol de decisión para la estimación de las emisiones. Fuente: EMEP/EEA 2013. Elaboración propia a partir de EMEP/EEA 2013

En base a ello, para la estimación de las emisiones de amoníaco en el presente estudio se utilizará una metodología de Nivel 2.

Nivel 2 utiliza un enfoque de flujo de masa basado en el concepto de un flujo de TAN a través del sistema de gestión de estiércol. Cabe señalar que los cálculos de un enfoque de flujo de masa deben llevarse a cabo sobre la base de kilogramos de nitrógeno. Las estimaciones resultantes de las emisiones de $\text{NH}_3\text{-N}$, entonces se convierten en NH_3 aplicando el correspondiente factor de conversión por el peso molecular (17/14).

En el cálculo de las emisiones de NH_3 , utilizando un enfoque de flujo de masa, se prefiere un sistema basado en el TAN a uno basado en el nitrógeno total, como es el utilizado por el IPCC para estimar las emisiones de N_2O . Esto se debe a las emisiones de NH_3 y otras formas gaseosas de nitrógeno provienen en la práctica del TAN contenido en los estiércoles. Por lo tanto, la contabilización del TAN en el estiércol a su paso por el sistema de gestión del estiércol permite estimaciones más exactas de las emisiones gaseosas de nitrógeno. Asimismo, permite la aplicación de la metodología para reflejar las consecuencias de los cambios en la dieta de los animales en las emisiones gaseosas de nitrógeno, ya que la excreción de nitrógeno total y TAN responden de manera diferente a estos cambios.

Tales estimaciones del porcentaje de TAN en los abonos se pueden utilizar para verificar la exactitud de los cálculos de flujo de masa (Webb y Misselbrook, 2004).

A pesar de la aparente complejidad de este enfoque de Nivel 2, la metodología no es difícil de usar, sin embargo, requiere muchos más datos de entrada que la metodología de Nivel 1. Los diferentes sistemas están representados en cada etapa para dar cuenta de las diferencias reales en los sistemas de gestión y las emisiones resultantes. En particular, se distingue entre sistemas de suspensión y sólidos en cada etapa. Este enfoque tiene varias ventajas sobre la metodología de Nivel 1:

- El método garantiza que haya coherencia entre los distintos tipos de N obtenido en este trabajo y los obtenidos utilizando las Directrices del IPCC.
- Un balance de masa se puede utilizar para comprobar si hay errores.
- Los impactos de hacer cambios en una etapa de la gestión del estiércol (aguas arriba), sobre las emisiones en las etapas posteriores de la gestión del estiércol (aguas abajo) se pueden tener en cuenta, por ejemplo, las diferencias en las emisiones durante la vivienda, serán, al conducir a diferentes cantidades de TAN entrar en el almacenamiento y la aplicación sobre el terreno, dan lugar a diferencias en el tamaño potencial de las emisiones de NH_3 durante el almacenamiento o después de la aplicación de campo.

1.4. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

La Directiva 96/61/CE, transpuesta al Ordenamiento Jurídico español por la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (y modificación posterior Ley 5/2013, de 11 de junio), es uno de los instrumentos más importantes con que se ha dotado la Unión Europea para asegurar el crecimiento sostenible del sector industrial a través de la armonización del funcionamiento competitivo de las instalaciones con la preservación del medio ambiente, estando dentro de las actividades incluidas en su ámbito de actuación las de cría intensiva de ganado porcino.

El objetivo de esta normativa es evitar o, cuando ello no sea posible, reducir y controlar la contaminación mediante el establecimiento de un sistema de prevención y control integrados. Esto significa considerar todas y cada una de las fases del proceso productivo, el medio ambiente como un todo, debiéndose evitar la transferencia de contaminación de un medio (agua, suelo y atmósfera) a otro y las particularidades de cada instalación y de cada medio ambiente receptor.

La principal novedad de esta directiva es que establece prioridad a la prevención de la contaminación desde su origen, lo que se realiza con la ayuda de dos herramientas, la aplicación de las mejores técnicas disponibles (MTD's) y el establecimiento de los valores límite de emisión (VLE's).

Estos dos nuevos conceptos que aparecen en la Ley 16/2002 se definen de la siguiente manera:

- **Mejor Técnica Disponible:** "La fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea posible, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente y de la salud de las personas".

A estos efectos, se entenderá por:

Mejores: las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas.

Técnicas: la tecnología utilizada, junto con la forma en que la instalación está diseñada, construida, mantenida, explotada o paralizada.

Disponibles: las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del correspondiente sector industrial, en condiciones económicas y técnicamente viables, tomando en consideración los costes y los beneficios, tanto si las técnicas se utilizan o producen en España, como si no, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables".

- **Valores Límite de Emisión (VLE'S):** la masa o la energía expresada en relación con determinados parámetros específicos, la concentración o el nivel de una emisión, cuyo valor no debe superarse dentro de uno o varios períodos determinados.

El uso de las MTD's pretende la incorporación al proceso productivo de técnicas y procedimientos que, sin comprometer la viabilidad y competitividad económica de las explotaciones, permitan alcanzar los mayores niveles de protección del medio ambiente que sean posibles en cada momento.

En definitiva y a modo de resumen, las Mejores Técnicas Disponibles (MTD's) son aquellas técnicas o procedimientos que demuestran a escala real su eficacia medioambiental en la reducción de emisiones contaminantes y en el consumo de recursos en condiciones económica y técnicamente viables.

1.5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Según el Instituto Geográfico Nacional, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son el resultado de la aplicación de las llamadas Tecnologías de la Información (TI) a la gestión de la Información Geográfica (IG).

El término Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene tres acepciones: el SIG como disciplina; el SIG como proyecto, cada una de las realizaciones prácticas, de las implementaciones existentes; el SIG como software, es decir los programas y aplicaciones de un proyecto SIG.

La acepción principal es la de SIG como proyecto, esto es, Sistema de Información que gestiona Información Geográfica, es decir información georreferenciada.

Según Gutiérrez y Gould (2000), el término SIG hoy está ampliamente difundido, especialmente entre los profesionales que trabajan en la planificación o en la resolución de problemas socioeconómicos y ambientales. Éstos afirman que hay casi tantas definiciones como autores (Burrough, Goodchild, Cowen...) que escribe sobre el mundo de los SIG.

La definición más extendida de SIG, con pequeñas variaciones según los citados autores, se puede sintetizar diciendo que un SIG es un: "Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra". Aunque Burrough sostiene, asimismo, que un SIG debe verse también como un modelo del mundo real, por lo que se podría definir como: "Modelo informatizado del mundo real, en un sistema de referencia ligado a la Tierra para satisfacer unas necesidades de información concretas".

En cualquiera de los casos, se compone de datos, hardware, software, recursos humanos y un esquema organizativo.

En el sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones. Y en un sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un sistema de información geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son *Localización*: preguntar por las características de un lugar concreto; *Condición*: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema; *Tendencia*: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica; *Rutas*: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos; *Pautas*: detección de pautas espaciales y *Modelos*: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Para nuestro trabajo, el uso de esta tecnología SIG ha permitido una mayor vinculación entre la posición geográfica de las entidades estudiadas y sus características y con ello, se han podido generar las diversas estadísticas obtenidas, tanto del censo de explotaciones, como de las diferentes especies ganaderas, a partir de la base de datos georreferenciada de las explotaciones, así como extraer la información asociada a su posición en las otras capas de información utilizadas, a partir de una unión espacial de datos. Además, el SIG brinda la posibilidad de que dicha información se incorpore a la base de datos disponible de cada explotación, ampliando con ello las posibilidades de análisis espacial relacionadas con nuestro estudio.

Por último, cabe indicar que con esta herramienta se ha realizado el estudio y análisis de la dinámica y estructura de la ganadería valenciana; pudiendo, a través de ello, delimitar las zonas ganaderas con mayor problemática de la comunidad desde diferentes puntos de vista.

2. OBJETIVOS

El presente Trabajo Fin de Grado, seleccionado de la lista de los TFG ofertada por los distintos departamentos que imparten docencia en la ETSIAMN, tiene como finalidad dar respuesta a la normativa para la culminación de la titulación de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural en la Escuela Técnica Superior de Agronomía y del Medio Natural (ETSIAMN) de la Universidad Politécnica de Valencia y con ello cumple el objetivo de poner en práctica, durante el desarrollo del mismo, los conceptos, conocimientos, habilidades y competencias adquiridas como estudiante a lo largo de los estudios universitarios realizados.

El presente TFG tiene como objetivo cuantificar las emisiones de amoníaco a la atmósfera procedente de las explotaciones de porcino en cada una de las provincias de la Comunidad Valenciana para posteriormente determinar, con ayuda de sistemas de información geográfica (SIG), las zonas más conflictivas y problemáticas, estudiando las posibles razones que han podido desencadenar en altas emisiones.

Asimismo, para alcanzar este principal objetivo se plantean otros objetivos particulares que se relaciona a continuación:

- Caracterizar la estructura de la ganadería porcina valenciana.
- Analizar la legislación vigente relativa a la prevención y control de contaminación.
- Cuantificar y analizar las emisiones de amoníaco procedente de las explotaciones de porcino.
- Emplear los Sistemas de Información Geográficas para el estudio y análisis de la dinámica y estructura de la ganadería porcina valenciana y los problemas derivados de la actividad.

En definitiva, se pretende con este trabajo un objetivo final, que no es otro, sino el consistente en insistir en la concienciación y con ello el mejor conocimiento para evitar o minimizar las emisiones contaminantes a la atmósfera, las aguas y los suelos, para alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La Comunidad Valenciana (*Comunitat Valenciana*) es una comunidad autónoma de España. Su territorio, con capital en Valencia, está situado en el este y sureste de la Península Ibérica. Destacar que también forma parte de su territorio, además de algunas islas, el conocido Rincón de Ademuz, un enclave separado totalmente del resto del territorio.

Tiene una superficie de 23.255 km², siendo la 8ª autonomía más extensa de España. Está formada por las provincias de Alicante, Castellón y Valencia.

En el territorio de la Comunidad Valenciana habitan actualmente 5.113.815 (INE 2013) personas en un total de 542 municipios. La mayor concentración de población de la Comunidad Valenciana se da en torno a la ciudad de Valencia, llegando su área metropolitana a 1.774.201 habitantes, de los cuales 797.028 están empadronados en la ciudad. La segunda mayor concentración de población de la comunidad es la del área metropolitana de Alicante-Elche, la cual cuenta con 801.376 habitantes.

La Comunidad Valenciana constituye un territorio altamente industrializado, con un potente sector turístico y con un elevado peso del sector agrícola, motivo por el cual su economía es la cuarta más importante de entre las comunidades autónomas españolas.

El clima de Valencia se caracteriza por su Clima Mediterráneo, es un clima suave y húmedo durante todo el año, y su temperatura media anual es de unos 18 grados centígrados. Los meses más lluviosos son octubre y noviembre (son los meses en los que tiene lugar el fenómeno de la gota fría), los más fríos enero y febrero y los más calurosos mayo, junio y julio.



Figura 4. Ubicación de la Comunidad Valenciana en la Península Ibérica y su distribución por provincias.

La ganadería en muchas comarcas del interior de la Comunidad Valenciana ha pasado, en pocas décadas, de ser una rama de actividad secundaria a ser probablemente uno de los sectores económicos más importantes de la comarca, siendo en consecuencia uno de sus principales motores de desarrollo. Hay que destacar que se ha producido, dentro del sector

ganadero, una profunda transformación, pasando de una ganadería extensiva de tipo tradicional a otra industrializada intensiva con un marcado predominio de la porcina, seguido de la avícola.

La ganadería intensiva, principalmente el porcino, se enfrenta a un reto para mantener su posición de dominio en el mercado de la carne, producto que sigue teniendo una elevada demanda y valoración por parte del consumidor. Dicho reto pasa, entre otros, por la resolución de la problemática derivada de la gestión de los purines y por consiguiente, de la emisión de amoníaco a la atmósfera, objeto de nuestro estudio.

3.2. CARTOGRAFÍA

La cartografía base de la Comunidad Valenciana se ha obtenido del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica.

El Centro de Descargas es un sitio web desde donde se pueden descargar gratuitamente ficheros de información geográfica digital generada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), siempre y cuando esa información sea accesible según lo establecido en la Orden FOM/956/2008 de 31 de marzo (BOE de 8 de abril 2008), por la que se aprueba la política de difusión pública de la información geográfica generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

Para la obtención de los ficheros se recurre al apartado “Descarga gratuita u obtención de información geográfica digital para uso no comercial, con aceptación de licencia de uso”. Ahora se deberá seleccionar el producto deseado, en nuestro caso “BTN 100”. Este producto es la Base Topográfica Nacional 1:100.000 en formato shapefile, con estructura y formato adaptados a su explotación mediante sistemas de información geográfica (SIG).

Alberga datos topográficos y temáticos, y es capaz de servir de soporte tanto a consultas geográficas como a la producción de productos cartográficos. Está disponible para descarga como un SIG continuo para toda España y también dividida por provincias mostrándose la información por capas temáticas (Entidades Administrativas, Hidrografía, Edificaciones y núcleos urbanos, Vías de comunicación, Conducciones, Puntos de Control). Sistema geodésico de referencia ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) y coordenadas geográficas longitud y latitud (sin proyección cartográfica).

3.3. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE NH₃ A LA ATMÓSFERA

Para la realización del cálculo de las emisiones de amoníaco a la atmósfera se ha utilizado un método de nivel (Tier) intermedio -Nivel 2- como bien se ha definido en el apartado 1.3. Se han seguido los pasos indicados en EMEP/EEA 2013.

El método de Nivel 2 estima la mineralización de nitrógeno y la inmovilización de TAN durante la gestión del estiércol. Además estima otras pérdidas de nitrógeno con el objetivo de aumentar la precisión de esta estimación de TAN en cada etapa de la gestión del estiércol.

A continuación se explica el procedimiento paso a paso que se ha utilizado para la obtención del total de amoníaco volatilizado.

Paso 1. Definición de la subcategoría de ganado. En este primer paso, al utilizar el método de Nivel 2, deberemos de realizar una lista con los distintos tipos de categorías que encontramos

en las explotaciones de ganado porcino en la Comunidad Valenciana. Así pues las distintas subcategorías son cebo, cerdas, verracos, lechones, reposición y cría.

Paso 2. Cálculo de la excreción total anual de nitrógeno por los animales, de acuerdo con Magrama (2013).

Debido a que no todas las categorías van a utilizar los mismos factores de emisión en las diferentes etapas de volatilización del nitrógeno, se hará una desagregación final en dos categorías. Dichas categorías serán Cerdas por un lado y el resto de subcategorías, citadas en el anterior paso, otra (Sows y Fattening pigs respectivamente).

Categoría	Nitrógeno excretado (kg/año)	Peso (%)	Subcategorías homogéneas en excreción	Nitrógeno excretado por subcategorías (kg/año)
Cerdo de 20-49 kg	8,08	33	Cebo	9,55
Cerdo de 50-79 kg	9,72	33		
Cerdo de 80-109 kg	10,85	33		
Reproductora en 1ª gestación	15,79	30	Cerdas	21,53
Reproductora en gestación	23,29	70		
Reproductoras criando por 1ª vez	21,84	30		
Reproductoras criando	26,17	70		
Reproductoras en reposo por 1ª vez	13,46	30		
Reproductoras en reposo	17,46	70		
Verracos jóvenes	13,27	20	Verracos	18,61
Verracos adultos	19,94	80		
Lechones destetados	2,25	100	Lechones	2,25
Reproductora no cubierta	13,56	100	Reposición	13,56
Cerdo de 20-49 kg	8,08	100	Recría	8,08

Tabla 1. Categorías y Subcategorías de porcino y sus correspondientes valores de nitrógeno excretado en kg por año

Paso 3. Importe anual de nitrógeno excretado que se deposita en los edificios en los que se aloja el ganado, en patios descubiertos y durante el pastoreo. Estas proporciones dependen de la fracción del año que los animales pasan en los edificios, en patio y en pastoreo, y en el comportamiento animal. En nuestro caso, en explotaciones intensivas de ganado porcino, este paso se ve reducido al cálculo único en alojamiento, luego ya queda integrado en el paso 2.

Paso 4. Consiste en utilizar la proporción del nitrógeno excretado como TAN (Total Ammonia Nitrogen), es decir, la orina, para calcular la cantidad de TAN depositado en alojamiento. Si se dispone de procedimientos nacionales detallados para derivar las tasas de excreción de nitrógeno que aportan la proporción de nitrógeno excretado como TAN, deben ser utilizados. Como no están disponibles, se utilizarán los valores predeterminados que se muestran en la Tabla 3-7 de EMEP/EEA (2013), que indican que para porcino es el 70% del nitrógeno total excretado.

Paso 5. Cálculo de TAN como suspensión líquida (slurry) o como sólido (solid). Se trabajará únicamente con estiércol en suspensión líquida.

Paso 6. Consiste en calcular las pérdidas de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), en los alojamientos de la ganadería, multiplicando la cantidad de TAN por el factor de emisión en alojamiento ($\text{EF}_{\text{housing}}$), para cada uno de los tipos de ganado.

Paso 7. Sólo se aplica a estiércol sólido. No se trata este paso en nuestro caso.

Paso 8. Cálculo de las cantidades totales -N y TAN que se almacenan antes de su aplicación a campo. No todos los abonos se almacenan antes de aplicación, algunos se aplicarán a los campos directamente desde las instalaciones. En nuestro caso todo irá a la balsa de almacenamiento, luego este paso no se tiene en cuenta.

Paso 9. Sólo se aplica a purines y consiste en calcular la cantidad de TAN de la que se producirán emisiones desde los depósitos de estiércol. Para las suspensiones, una fracción del nitrógeno orgánico es mineralizado a TAN antes de calcular las emisiones de gases.

Paso 10. Cálculo de las emisiones de NH₃ utilizando el factor de emisión en almacenamiento (EF_{storage}) además del cálculo de las emisiones de NO, N₂ y N₂O en la balsa de purines. De acuerdo con la tabla 3-6 de EMEP/EEA (2013), se espera que la cantidad de N₂O emitida sea despreciable, por lo que no se calcula.

Paso 11. Cálculo del total -N y TAN que se aplica al campo, recordando restar las emisiones de NH₃, NO y N₂ de almacenamiento.

Paso 12. Cálculo de la emisión de NH₃-N durante e inmediatamente después de la aplicación de campo, utilizando el factor de emisión de aplicación (EF_{spreading}).

Paso 13. Cálculo del importe neto de nitrógeno de estiércol incorporado al suelo después de las pérdidas de NH₃-N.

Paso 14. Pastoreo. En nuestro caso no se trata este paso.

Paso 15. Suma de todas las emisiones desde el sistema de gestión del estiércol y su conversión a la masa del compuesto relevante, en este caso amoniaco.

En la Tabla 2 se muestra la fuente original de EMEP/EEA (2013) donde quedan reflejados los distintos factores de emisión en función de la subcategoría de ganado finalmente adoptada (Sows y Fattening Pigs) en cada una de las etapas de emisiones a la atmósfera. Se puede observar que el método de Nivel 2 trabaja con factores de emisión distintos para conseguir una estimación más exacta.

Code	Livestock	Housing period, d a ⁻¹	N _{ex}	proportion of TAN	Manure type	EF housing	EF yard	EF storage	EF spreading
100901	Dairy cows	180	105	0.6	slurry	0.20	² 0.30	0.20	0.55
					solid	0.19	² 0.30	0.27	0.79
100902	Other cattle (young cattle, beef cattle and suckling cows)	180	41	0.6	slurry	0.20	² 0.53	0.20	0.55
					solid	0.19	² 0.53	0.27	0.79
100903	Fattening pigs (8–110 kg)	365	12.1	0.7	slurry	0.28	² 0.53	0.14	0.40
					solid	0.27	² 0.53	0.45	0.81
100904	Sows (and piglets to 8 kg)	365	34.5	0.7	slurry	0.22	NA	0.14	0.29
					solid	0.25	NA	0.45	0.81

Tabla 2. Factores de emisión para cada una de las etapas en la gestión de purines. Detalle de la tabla 3.7 de EMEP/EEA 2013.

En la Figura 5 se muestra los pasos anteriormente descritos de forma esquematizada:

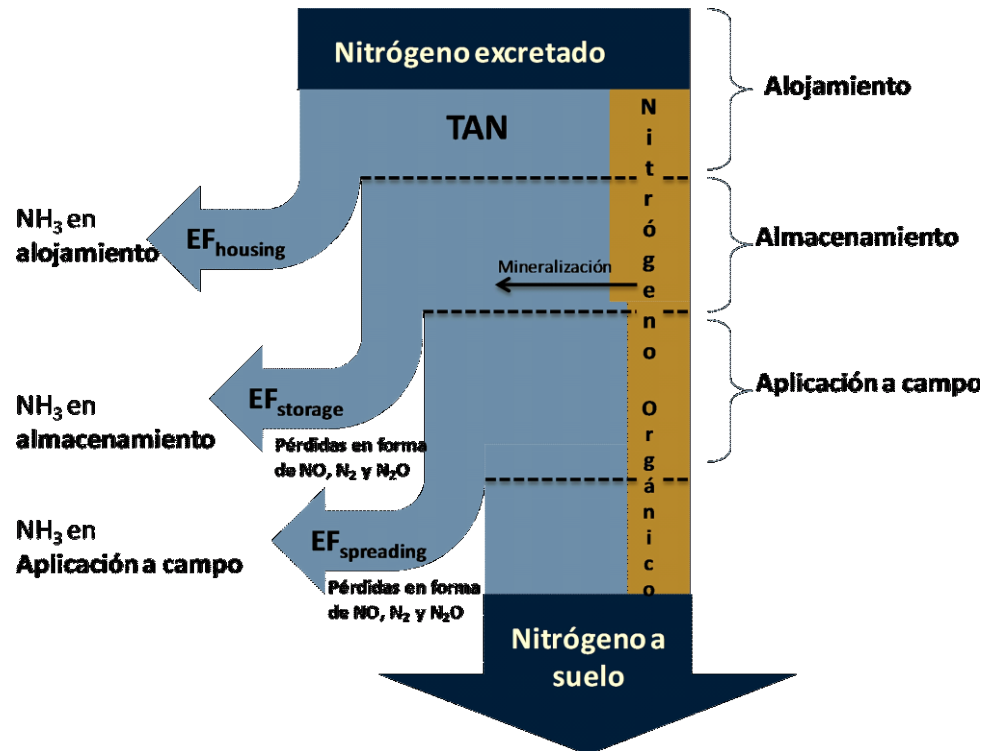


Figura 5. Descripción esquematizada del método de Nivel 2 para el cálculo de las emisiones de amoníaco.

Fuente: elaboración propia

3.4. BASE DE DATOS Y METODOLOGÍA SIG

Para la realización de este Trabajo Fin de Grado se ha utilizado:

a) Base de datos en formato Excel: ésta contiene los últimos datos conocidos al nivel de detalle que expresan y recoge el tipo de granjas de porcino localizadas por municipios de cada una de las provincias de la Comunidad Valenciana con expresión de su posición, coordenadas X e Y UTM, así como el número de plazas de cada una de las explotaciones y su correspondiente censo en función de las distintas categorías de ganado. Esta base de datos es aproximadamente de 2007.

b) Metodología SIG: mediante el uso de esta herramienta SIG se ha realizado el estudio, localización y análisis de la dinámica y estructura de la ganadería valenciana, delimitando las diversas zonas ganaderas en cada uno de los territorios de la Comunidad Valenciana.

El software SIG utilizado es ArcGIS Desktop 10.0 de Enviromental System Research Institute (ESRI), módulo ArcMap 10. El producto ArcGIS es un sistema completo de aplicaciones modulares que permite el almacenamiento, diseño y gestión de la información geográfica. Además, realiza un análisis pormenorizado de la base de datos, ganando con ello una mayor comprensión de nuestros datos.

c) Herramienta de análisis HAWTH para ArcGIS, especialmente para el módulo ArcMap. HAWTH Tools es una aplicación diseñada para realizar análisis espaciales y funciones que no se puede lograr convenientemente con ArcGIS.

La metodología a seguir es:

- Estimación de las emisiones de amoniaco a la atmósfera utilizando la base de datos en formato Excel siguiendo los pasos de la metodología de Nivel 2 nombrada en anteriores apartados.
- Mediante el uso de Microsoft Office Access se exporta la tabla en extensión .dbf para su tratamiento con ArcMap.
- En ArcMap implementamos la base de datos como un tema de eventos y lo exportamos en formato shapefile, propio de ArcGis.

Con ArcMap se realizarán los siguientes análisis y mapas:

- Tablas resumen de los datos en función de cualquiera de las variables contenida en la tabla de atributos de las entidades estudiadas.
- Histogramas de frecuencias, donde no solo se resume la información sino que se sintetiza la misma de acuerdo a la variable elegida.
- Análisis de las distancias medias entre las explotaciones más cercanas.
- Mapas de la ubicación de las explotaciones en general y por tipos de explotaciones en la Comunidad Valenciana, simbolizando las entidades objeto del presente estudio en función de las diferentes variables contenidas en la base de datos alfanumérica.
- Mapa de densidad de las emisiones de amoniaco.

Las superficies de densidad nos muestran dónde se concentran las entidades de puntuales analizadas. Muchos fenómenos no suceden únicamente en el punto de muestreo, de esta forma, si se calcula la densidad, se puede generar una superficie que muestre la distribución prevista del fenómeno a través del territorio. La herramienta Densidad distribuye una cantidad medida de la capa de punto de entrada a través del territorio para producir una superficie continua.

- Filtro de media.

Un filtro es un método para resaltar o suprimir, de forma selectiva, información contenida en una imagen a diferentes escalas espaciales, de forma que se destacan algunos elementos de la imagen, o se ocultan valores anómalos.

El proceso de filtrado consiste en la aplicación a cada uno de los pixels de la imagen de una matriz de filtrado de tamaño NxN (generalmente de 3x3) compuesta por números enteros y que genera un nuevo valor mediante una función del valor original y los de los pixels circundantes.

Desde el punto de vista de los SIG, los filtros son operaciones en las que el valor de una celda en un nuevo mapa está en función de los valores de las celdas situadas en su vecindad inmediata, es decir, las celdas contiguas a ella.

- Análisis final de resultados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA GANADERÍA VALENCIANA

Como se ha comentado anteriormente a partir de la base de datos de explotaciones ganaderas porcinas con el apoyo de las herramientas informáticas y los SIG, se ha caracterizado la ganadería en la Comunidad Valenciana.

Los datos obtenidos correspondientes al número de explotaciones y unidades ganaderas (UG) de las diferentes especies en esta Comunidad quedan reflejados en la Tabla 3.

Especie	Nº de explotaciones	Unidades Ganaderas
OVINO-CAPRINO	1.806	72.016
PORCINO	1.229	376.892
AVES	787	264.633
BOVIDOS	688	85.094
CONEJOS	301	3.350
CABALLOS	173	5.924
TOTAL	4.984	807.910

Tabla 3. Resumen por especies del número de explotaciones y unidades ganaderas en la C. Valenciana

Así, como se puede observar en la Figura 6, en el estudio de distribución de las explotaciones en la Comunidad Valenciana en función de su número, encontramos que la mayoría de explotaciones son ovino y caprino (36%), seguidas por las de porcino (25%), a continuación las de aves y bovino, con un 16% y un 14% respectivamente, y por último las de conejos y caballos, con unos porcentajes del 6% y el 3%.

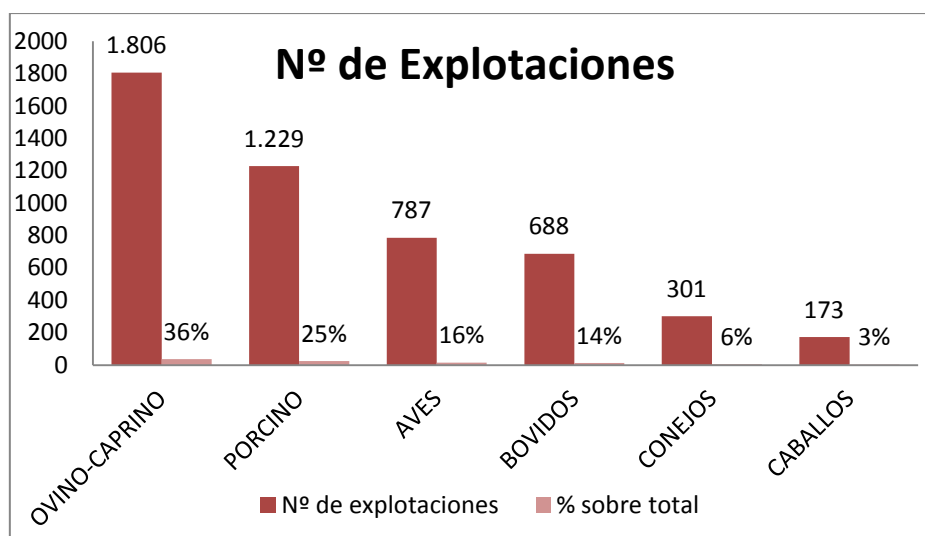


Figura 6.- Distribución de explotaciones por especie en la Comunidad Valenciana.

Sin embargo, si analizamos la distribución en función de las UG (equivalente a una cabeza de ganado de referencia) en cada una de las especies (Figura 7) nos encontramos que las cabañas ganaderas mayoritarias son fundamentalmente la porcina y la avícola, relegando a la del ovino-caprino a un cuarto puesto, siendo la de porcino significativa por la gran cantidad de explotaciones repartidas por toda la Comunidad Valenciana. Es por ambas razones, por encabezar la lista de UG y ocupar la segunda posición en cuanto a número de explotaciones, por las que el sector porcino se ha convertido en objeto de estudio de este trabajo.

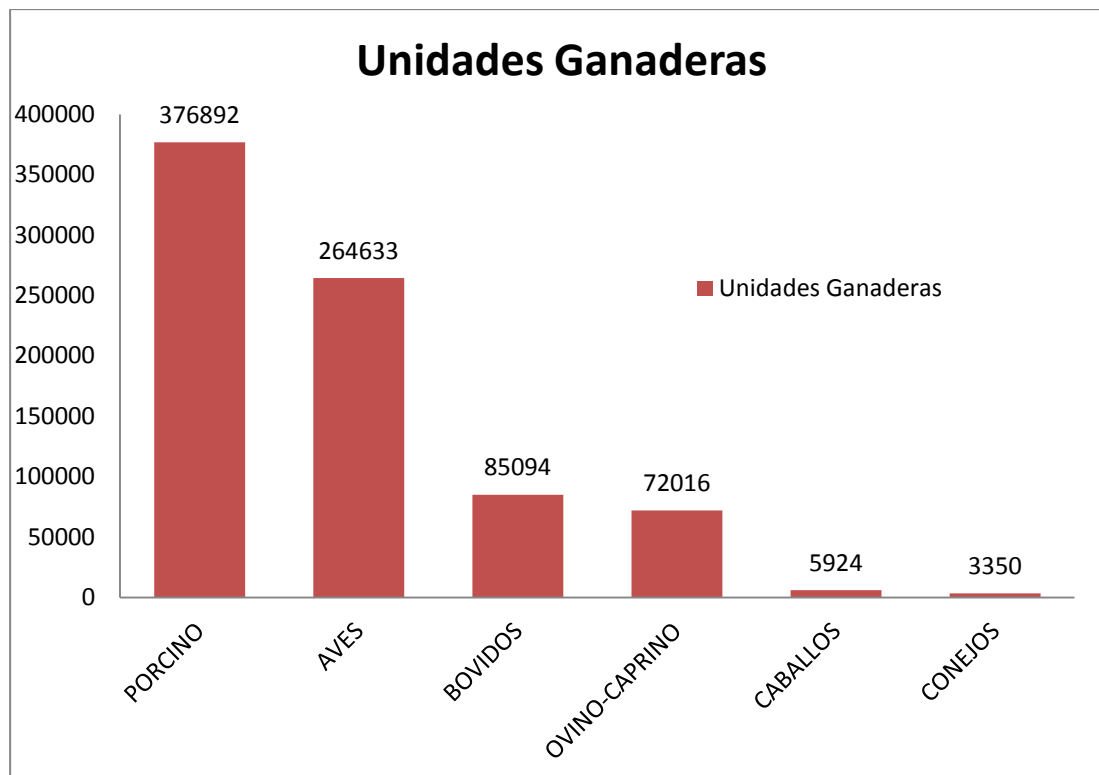


Figura 7. Distribución de Unidades Ganaderas por especie en la Comunidad Valenciana.

4.2. ESTRUCTURA DEL SECTOR PORCINO

El sector porcino en la Comunidad Valenciana es una de las producciones ganaderas más importantes, tal y como ha quedado reflejado en el apartado anterior, aunque la distribución de la ubicación de las explotaciones tanto a nivel de provincia como a nivel de comarca presenta cierta variabilidad, incluso estando muy localizado en áreas geográficas concretas.

Según la base de datos disponible, el número total de cabezas de porcino es de 1.313.742 animales, con un total de 1.484.686 plazas, equivalentes a 376.892 Unidades Ganaderas.

De las tres provincias de la Comunidad, es la de Castellón la que presenta con diferencia el mayor censo de todas, con un total de 774.694 animales.

La relación resumida por provincias de los datos referidos al número de animales, número de explotaciones, unidades ganaderas y unidades ganaderas medias por explotación se recogen en la Tabla 4.

PROVINCIA	Nº DE ANIMALES	Nº DE EXPLOTACIONES	UG	UG/EXPLOTACIÓN
ALICANTE	75.690	101	22.971	227
VALENCIA	463.358	412	143.618	349
CASTELLON	774.694	716	210.302	294
TOTAL	1.313.742	1.229	376.892	870

Tabla 4. Distribución por provincias del censo de animales, explotaciones y unidades ganaderas

Así, de los datos analizados, en cuanto a la estructura de las explotaciones, aún siendo en Castellón donde se concentra el mayor número de explotaciones, es en la provincia de Valencia donde las explotaciones tienden a ser de mayor tamaño, con aproximadamente 350 UG de media por explotación, aunque el número de explotaciones sea prácticamente la mitad que en Castellón, donde la media es de 294 UG por explotación. En la provincia de Alicante el tamaño medio de las explotaciones es menor, con cifras cercanas a 230 UG por explotación.

En la Tabla 5 se describe la tipología de las explotaciones de porcino y el número que representan referidas al total de la Comunidad.

TIPO DE EXPLOTACIÓN	Nº DE EXPLOTACIONES
Cebo o cebadero	731
Producción de ciclo cerrado o mixto	321
Producción de lechones	132
Otros	45
TOTAL	1.229

Tabla 5. Número de explotaciones de cada tipo

Como se puede observar en la misma, así como en la Figura 8 posterior, las explotaciones de cebo o cebaderos son las que se dan en mayor número, existiendo 731 explotaciones que representan un 59% del total, a continuación se encuentran las de ciclo cerrado o mixtas, con un número total de 321 explotaciones (26%), y las de maternidad, con 132 explotaciones que se corresponde con un 11%.

El resto de orientaciones productivas son minoritarias en la Comunidad Valenciana y tienen escasa significación con valores, entre todas, alrededor del 4%.

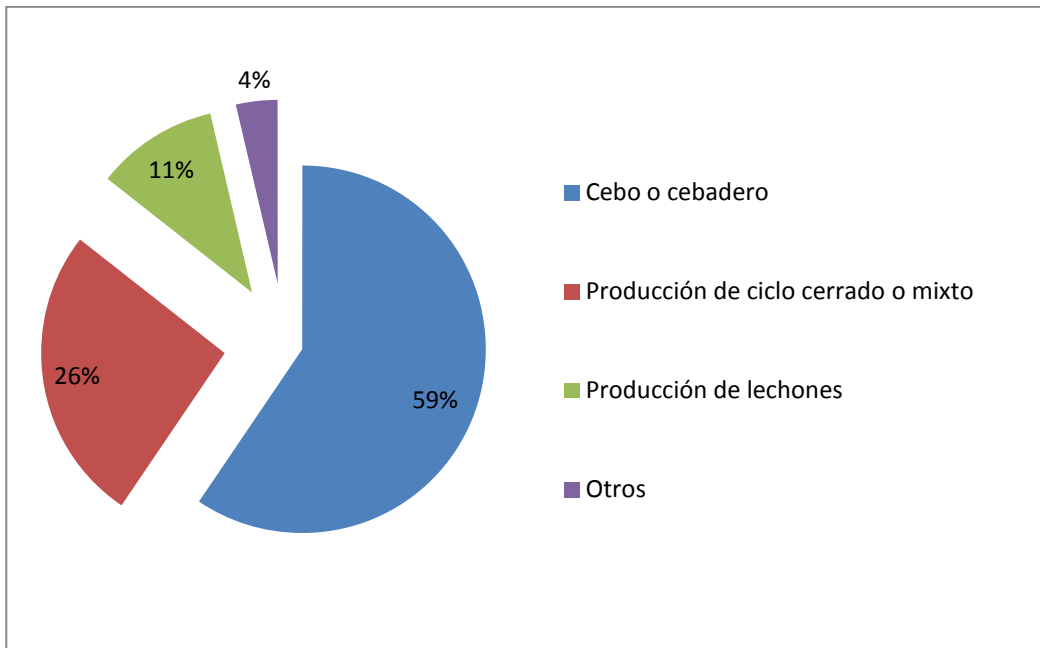


Figura 8. Tipos de explotaciones de porcino en la Comunidad Valenciana

En cuanto a la distribución por provincias de las mismas, se sigue el mismo patrón que el resto de la ganadería intensiva, encontrando una mayor población en la provincia de Castellón, seguida por la provincia de Valencia y, finalmente, la provincia de Alicante que es en la que menor cantidad de explotaciones se localizan, muy por debajo de las otras dos provincias (Figura 9).

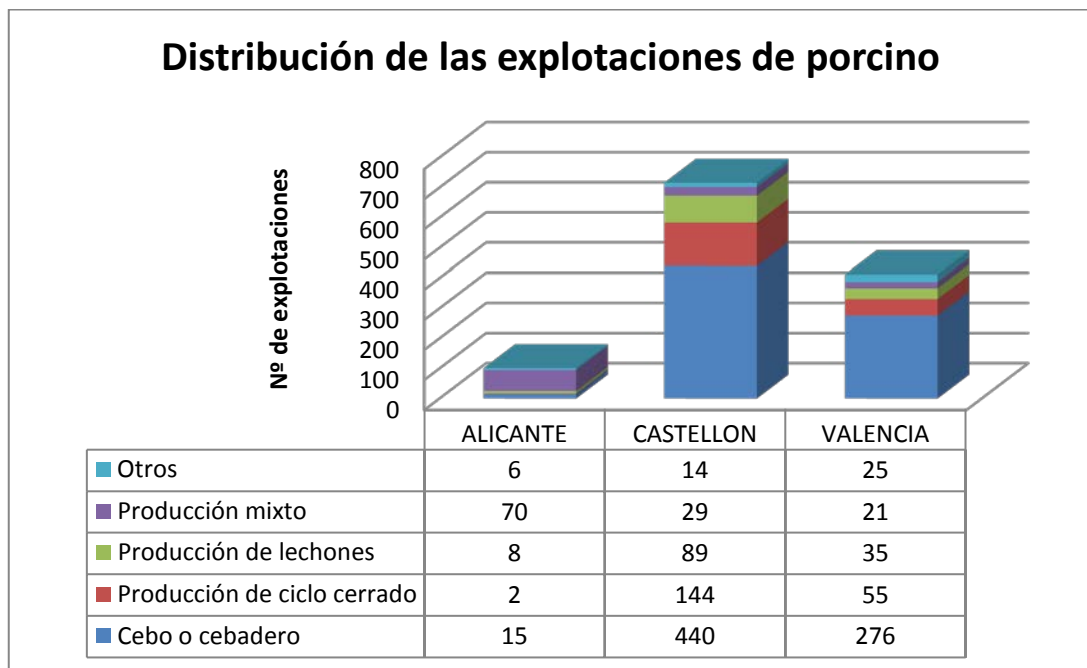
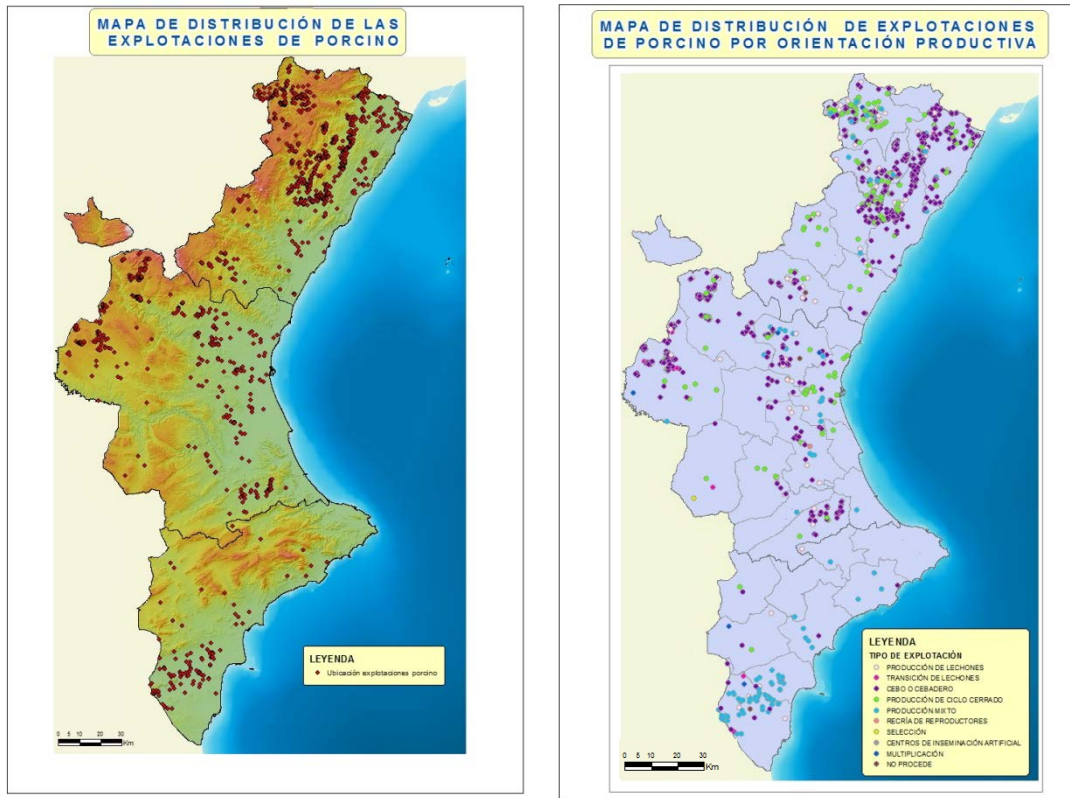


Figura 9. Distribución de los tipos de explotaciones de porcino en la Comunidad Valenciana

Mediante el uso de ArcGis Desktop 10.0 se ha proyectado sobre el mapa geográfico de la Comunidad cada uno de los distintos tipos de explotaciones de porcino cuyos resultados quedan reflejados en las Figuras 10 y 11 y así, de forma general, se observa como la producción ganadera se sitúa, por lo general, fuera de las comarcas del litoral.



Figuras 10 y 11. Distribución general y por orientación productiva de las explotaciones de porcino en la Comunidad Valenciana

En cuanto a las explotaciones porcinas de la provincia de Castellón, se observa que la mayoría de ellas se concentran en los municipios más septentrionales, en las comarcas de Els Ports, El Alt Maestrat, El Baix Maestrat y La Plana Alta. En la provincia de Valencia, sin embargo, el grueso del número de explotaciones se concentra en las comarcas del interior de la provincia, en las comarcas de Los Serranos y de La Plana de Utiel-Requena, con cierta concentración de explotaciones en la comarca de L'Horta.

En Alicante, el escaso número de explotaciones también se encuentran localizadas en determinadas áreas como son las comarcas más al sur del Baix Segura-La Vega Baixa y el Baix Vinalopó, donde destaca el número de explotaciones de tipo mixto existentes, y en la comarca central de la Vall de Albaida.

Como dato significativo destacar que en la provincia de Castellón, municipios como Morella, Vall d'Alba y Coves de Vinromá presentan un número significativo de explotaciones porcinas, 59, 49 y 46 respectivamente. En Valencia, en municipios como Alpuente se localizan 43 y en Tuéjar 35 explotaciones. En Alicante destacan las 25 explotaciones localizadas en Orihuela.

Asimismo, en cuanto a la densidad ganadera por unidad de superficie (km^2), se puede observar en la Figura 12 que en la provincia de Castellón la mayor concentración se encuentra situada en dos zonas diferenciadas. Una primera en la zona del Els Ports, y otra, de mayor densidad que la anterior, en la zona del Maestrazgo y La Plana Alta de Castellón. En Valencia se observan dos zonas claramente diferenciadas de alta densidad, una cercana a la ciudad de Valencia, en el Oeste de la comarca de L'Horta, y otra en la comarca de Los Serranos, en el extremo Noroeste de la provincia. En Alicante, sin embargo, no resulta relevante la densidad ganadera de porcino en ningún punto de su geografía.

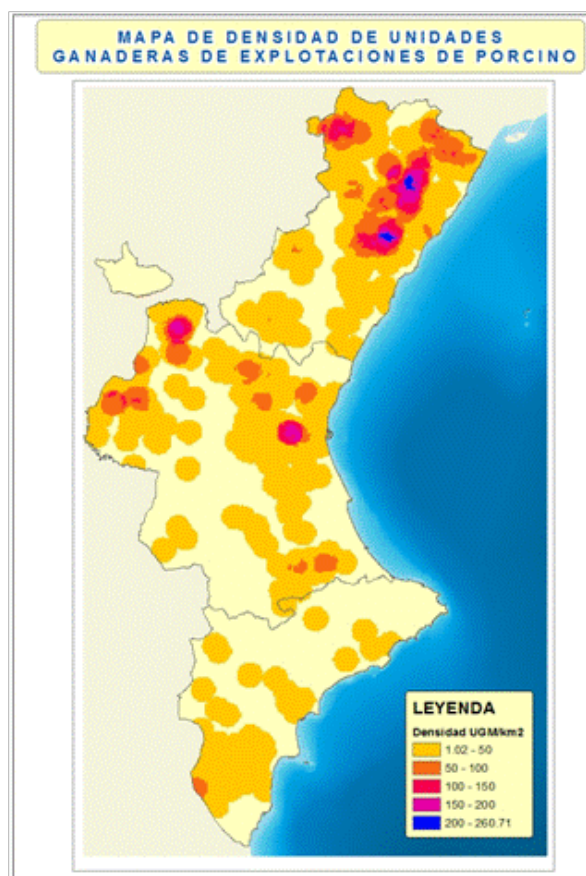


Figura 12. Densidad ganadera de las explotaciones de porcino de la Comunidad Valenciana

Con los resultados así obtenidos, parece lógico proponer que para la instalación de este tipo de actividades se hace necesaria una evaluación de las características físicas de las posibles zonas de ubicación y del entorno social, económico y ambiental. Incluyendo estudios sistemáticos de la hidrografía, principales corrientes de agua, tipo de suelo y vegetación, principales características del clima, y las áreas con mayor riesgo de contaminación. Estos estudios deben ser un referente para la ubicación de estas actividades futuras.

Así, el uso consolidado de la tecnología SIG por parte de las administraciones, es un instrumento clave para la identificación de factores de riesgo ambiental en las zonas de estudio y para la toma de decisiones, tanto de tipo técnico como económico y ambiental, para el establecimiento de futuras instalaciones de ganado porcino minimizando el impacto de las mismas, y si fuere el caso, para la restricción de actividad.

4.3. EMISIONES DE NH₃

Utilizando la herramienta “Histograma de zona” de ArcMap se ha obtenido la Figura 13. En esta figura se puede observar el número de explotaciones que existen en cada uno de los intervalos de emisión de amoniaco. Un total de 767 explotaciones emiten hasta 5 T de amoniaco al año, por lo que más del 60% de las explotaciones emiten valores por debajo de la media, siendo ésta 5,4 T de amoniaco al año. El resto de las explotaciones (menos del 40%) muestran una frecuencia mucho menor en cada intervalo, pero con un rango de valores más amplio, y adoptando valores muy superiores al valor medio. Este hecho implica que la desviación típica de la muestra sea de 6,2 T.

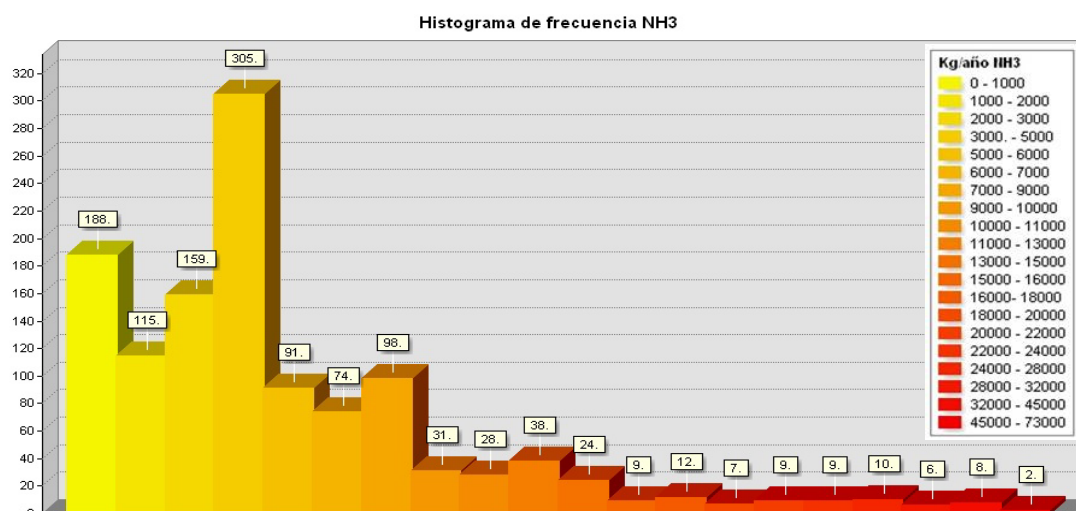


Figura 13. Histograma de frecuencias de emisiones de NH₃

En la Tabla 6 se registran los datos calculados en la gestión de purines del total de granjas porcinas contempladas donde figura tanto el total de Nitrógeno excretado como de amoniaco y otras formas nitrogenadas y haciendo mención expresa a los valores máximos, mínimos y media de las mismas. Cabe destacar que la cuantía total de Nitrógeno excretado en purines en la totalidad de explotaciones de porcino de la Comunidad Valenciana es de 12.625.961 kg al año, siendo la cuantía de Amoniaco de 6.749.450 kg lo que representa el 53,45% del valor total del nitrógeno excretado.

	Nitrógeno excretado kg/año	NH ₃ -N kg/año	Amoniaco kg/año	Nitrógeno a Suelo kg/año
Total	12.625.961	5.558.371	6.749.450	7.067.590
Val. Máximo	138.112	59.422	72.155	78.690
Val. Mínimo	9	4	5	5
Media	10.847	4.775	5.798	6.071
Desviación	11.913	5.154	6.259	6.775

Tabla 6. Nitrógeno excretado en las granjas porcinas de la CV

Los datos obtenidos de la estimación de las emisiones de Amoniacó a la atmósfera se han obtenido con los modelos Tier o de Nivel 2, en el que se cumple el balance de masas del método, tal y como queda reflejado en la Tabla 7:

	Nitrógeno excretado	
	kg/año	Porcentaje %
NH3-N Volatilizado kg/año	5.558.371	44,02 %
Nitrógeno a suelo kg/año	7.067.590	55,98 %
Total	12.625.961	100 %

Tabla 7. Balance de masas del método de Nivel 2

Las emisiones de amoniacó en cada una de las 3 fases del proceso de la gestión quedan reflejadas en la Tabla 8, obteniendo porcentajes semejantes al teórico para la mayoría de los países en cumplimiento de EMEP/EEA (2013), y que tan sólo difiere con escaso margen al alza en la emisión en alojamiento con un 42,82%.

Emisiones por etapas	Total NH3-N: 5.558.371 kg/año		
	NH3-N kg/año	% sobre total de emisiones	% teórico para la mayoría de los países (EMEP/EEA 2013)
Emisión en alojamiento	2.380.092	42,82%	30-40%
Emisión en almacenamiento	957.160	17,22%	10-20%
Emisión en aplicación a campo	2.221.118	39,96%	30-40%

Tabla 8. Emisiones de amoniacó en cada una de las fases del proceso

Con el objeto de establecer una comparación de las emisiones en cada una de las provincias de la Comunidad se ha desarrollado la Tabla 9, en la que se observa que es en la provincia de Castellón la que presenta mayores cifras en todos los valores obtenidos, como así se corresponde en relación al censo que presenta, seguida de Valencia y Alicante. La emisión de Amoniacó representa en la provincia de Castellón el 58% del total emitido en la Comunidad Valenciana, seguido de Valencia con valores del 37% y Alicante con 5% que representa un porcentaje escasamente significativo respecto del total (Figura 14).

	Nitrógeno excretado kg/año	NH3-N kg/año	Amoniacó kg/año	Nitrógeno a suelo kg/año
ALICANTE	610.147	282.711	343.292	383.322
CASTELLÓN	7.330.654	3.211.046	3.899.127	4.047.895
VALENCIA	4.685.159	2.064.613	2.507.030	2.636.372
Total	12.625.961	5.558.371	6.749.450	7.067.590

Tabla 9. Emisiones por provincias

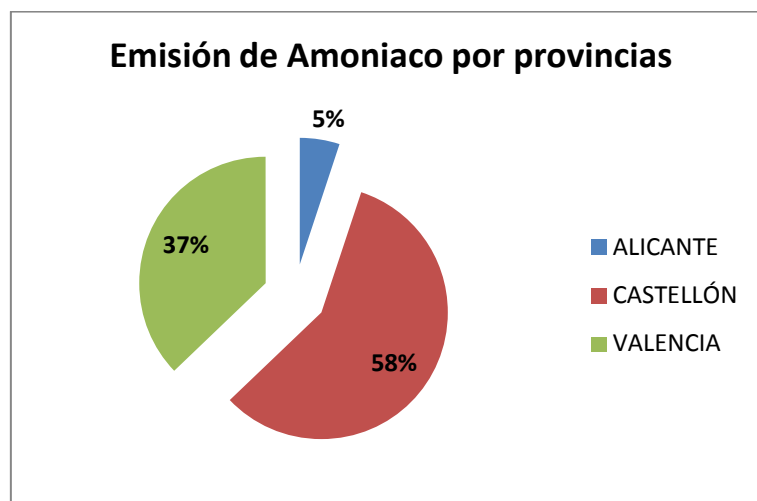


Figura 14. Porcentajes de emisión de amoniaco en provincias valencianas

Por último, cabe señalar que los datos obtenidos para cada tipo de ganado quedan reflejados en la siguiente Tabla 10:

	Nº Animales	Amoniaco kg/año	Porcentaje	Media Amoniaco kg/año	Amoniaco animal kg/año
CEBO	683.337	3.590.249	53,19%	4.891	5,25
CICLO CERRADO	286.047	1.438.274	21,31%	7.155	5,03
CICLO MIXTO	120.879	630.493	9,34%	5.167	5,22
PRODUCCIÓN LECHONES	121.343	609.888	9,04%	4.585	5,03
OTROS	102142	480.544	7,12%	10.224	4,70
Total	1.313.748	6.749.451	100%		

Tabla 10: Datos obtenidos para cada tipo de ganado

Se ha calculado el porcentaje de amoniaco emitido para cada uno de los tipos de explotación, siendo las de Cebo o Cebaderos el mayor de los mismos representando el 53,19%, con valores que superan incluso el doble de las de Ciclo Cerrado que emiten el 21,31% del total, si bien es cierto que en éstas últimas los valores de emisión en media de amoniaco están por encima del resto, 7.155 kg/año de media de amoniaco y pudiera estar relacionado con el mayor tamaño y la ingesta de los animales reproductores que se dan en la mismas.

Un dato a destacar en la anterior tabla es la cantidad total de kilogramos de amoniaco año que emite cada animal, el cual, prácticamente, coincide en casi en todos los tipos de explotación con valores que oscilan alrededor de 5 kg de amoniaco por año y animal.

En definitiva, y de los resultados obtenidos, se desprende que la emisión de NH₃ en la CV por parte del sector porcino es de 6.749 T/año, prácticamente el 2% del límite total marcado para España (353.000 T).

Cabe indicar que con la herramienta SIG se ha realizado el estudio y análisis de la dinámica y estructura de la ganadería valenciana, delimitando las zonas ganaderas con mayor problemática desde diferentes puntos de vista.

Para la determinación de las zonas más conflictivas, en cuanto a emisión de amoniaco a la atmósfera, se ha utilizado la herramienta “Densidad de puntos” del programa ArcMap indicando un radio de acción en función del cual se obtienen mapas y resultados muy variables (ver ejemplo en Figuras 15 y 16).



Figura 15. Radio 1 km

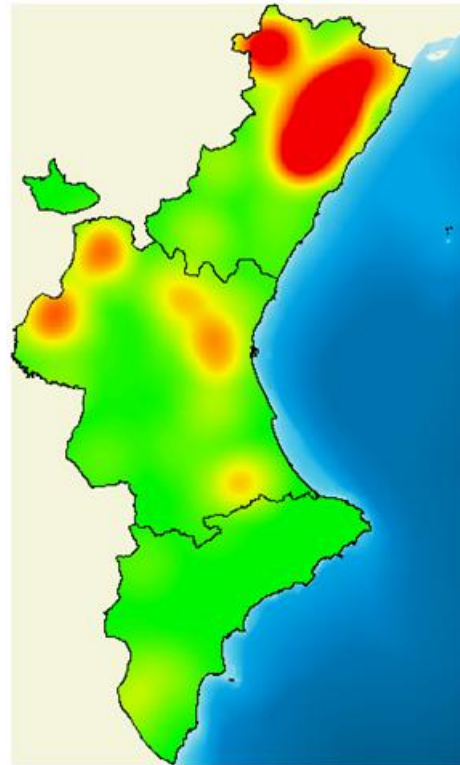


Figura 16. Radio 20 km

Previo a la generación del mapa de densidad, se realizó un análisis de distancias entre explotaciones cercanas mediante la función “Distances Between Points (within layer)” de la extensión HAWTH. De esta forma se obtiene una tabla Excel que muestra la distancia de cada una de las 1.229 explotaciones a las más cercanas. A partir de ahí, se procede a calcular distancias medias y desviaciones con el objetivo de conseguir un radio objetivo para realizar el mapa de densidad.

En la tabla 11 se recogen los datos obtenidos de las distancias medidas en metros, entendiéndose como *Distancia 1*, la distancia de cada una de las explotaciones a la primera más cercana, *Distancia 2* como la distancia a la segunda más cercana y así sucesivamente.

	Distancia 1	Distancia 2	Distancia 3	Distancia 4	Distancia 5
Media	1001,79	1579,35	2062,78	2493,16	2879,98
Desviación Estándar	1550,63	2191,47	2691,10	3118,42	3551,97

Tabla 11. Media de las distancias en metros y desviación estándar entre cada explotación y las 5 más cercanas

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 12, con un radio de 3 km sería suficiente para que como mínimo se solaparan, sobre el mapa, las emisiones a la atmósfera de 5 explotaciones; no obstante, si tenemos en cuenta la desviación estándar, producida por datos extremos, ya sean explotaciones demasiado juntas o demasiado separadas de las demás, sería conveniente un incremento de este radio con objeto de obtener un mapa más riguroso. Se ha adoptado finalmente un radio de 5 km tal y como queda reflejado en la Figura 17.

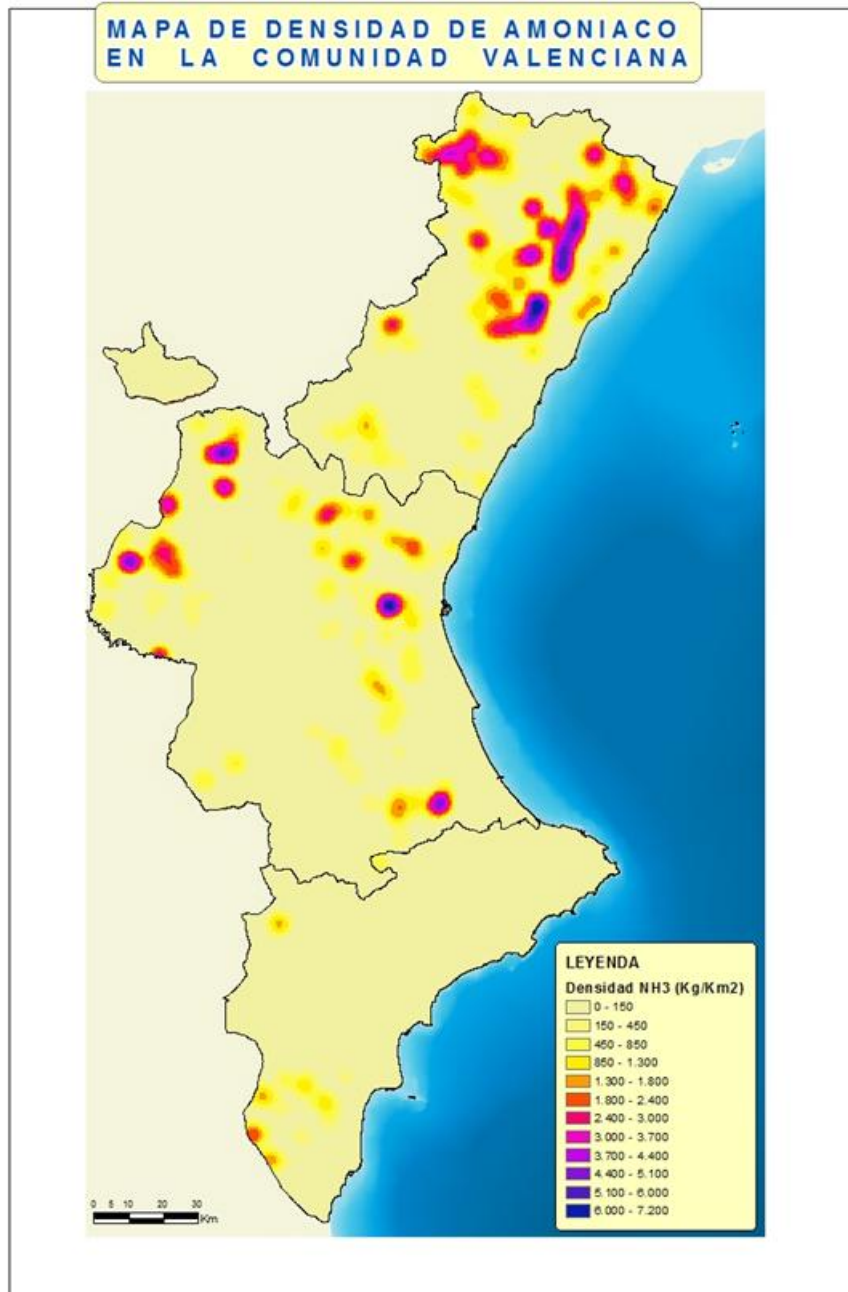


Figura 17. Densidad de Amoniaco en la Comunidad Valenciana

En la Figura 17, se muestra la distribución espacial de las explotaciones porcinas en la Comunidad Valenciana simbolizadas de acuerdo a los intervalos de densidad de emisión de amoníaco. Puede observarse que la mayor concentración se da en la mitad norte de la provincia de Castellón. En la de Valencia, se dan algunas zonas de concentración, aunque se encuentran dispersas a lo largo de la provincia, y en la provincia de Alicante, donde los valores de densidad de concentración son escasamente significativos, tan sólo destaca un área en el oeste de la provincia, en su límite con la Región de Murcia.

Con el objeto de delimitar las zonas donde se localizan máximos relativos, en cuanto a emisión de amoníaco, se realizó un filtro de media a partir del mapa de densidad (Figura 17). Para ello se utilizó la herramienta “Estadísticas focalizadas”, obteniendo un nuevo mapa donde el valor de cada pixel contiene la media de los valores de las 8 celdas vecinas y el de la celda de referencia.

Para la obtención de las zonas donde existe una mayor concentración de amoníaco se procede a restar a los valores del mapa de densidad los valores del mapa del filtro de media. Estas zonas serán las que adopten valores positivos que más difieran de 0.

Una vez obtenido el mapa de densidad de amoníaco es sencillo localizar de una manera rápida dónde se sitúan las zonas en las que las emisiones de amoníaco a la atmósfera son mayores, bien sea debido a un elevado número de explotaciones o bien explotaciones muy grandes. Gracias al método del filtro de media se puede señalar con mayor detalle estas zonas conflictivas. Encontramos así, un total de cuatro zonas en las que estas emisiones son muy altas. Estas zonas se localizan en La Plana Alta, en la provincia de Castellón y La Plana de Utiel, L’Horta y La Vall d’Albaida en la provincia de Valencia.

En las Tablas 12 y 13 se muestran datos referidos a estas zonas, en cuanto a emisión de amoníaco y unidades ganaderas.

Un total de 52 explotaciones de las 1.229 totales (4,23 %) repartidas en estas cuatro zonas emiten 505 T de amoníaco al año. Sobre el total de amoníaco emitido en toda la Comunidad Valenciana estas 52 explotaciones implican más del 7 % de esta emisión. Se puede observar que en la comarca de La Plana de Utiel, existen 26 explotaciones que emiten alrededor de 107 T. Por contraste, en la comarca de La Plana Alta, un conjunto de 11 explotaciones emiten casi 170 T. Esta diferencia en emisión y número de explotaciones viene debido a lo que se señalaba con anterioridad, el tamaño de las explotaciones en cuanto a censo de cabezas.

Zona	Comarca	Provincia	Nº explot.	Total NH ₃	Media NH ₃	Desviación NH ₃
1	La Plana Alta	Castellón	11	169.571,8	15.415,6	19.065,7
2	La Plana de Utiel	Valencia	26	107.242,0	4.124,6	5.213,4
3	L’Horta	Valencia	7	131.101,2	18.728,7	15.100,4
4	La Vall d’Albaida	Valencia	8	97.149,6	12.143,7	12.521,7

Tabla 12. Emisión de amoníaco en las zonas más conflictivas de la Comunidad Valenciana

Zona	Comarca	Provincia	Nº explot.	Total UG	Media UG	Desviación UG
1	La Plana Alta	Castellón	11	7.662,5	696,5	941,9
2	La Plana de Utiel	Valencia	26	6.594,6	253,6	288,9
3	L'Horta	Valencia	7	8.213,0	1.173,2	828,3
4	La Vall d'Albaida	Valencia	8	2.271,3	283,9	98,5

Tabla 13. Unidades ganaderas en las zonas más conflictivas de la Comunidad Valenciana

En la Figura 18 se detalla la ubicación de estas cuatro zonas en las que las emisiones de amoniaco a la atmósfera son muy altas.

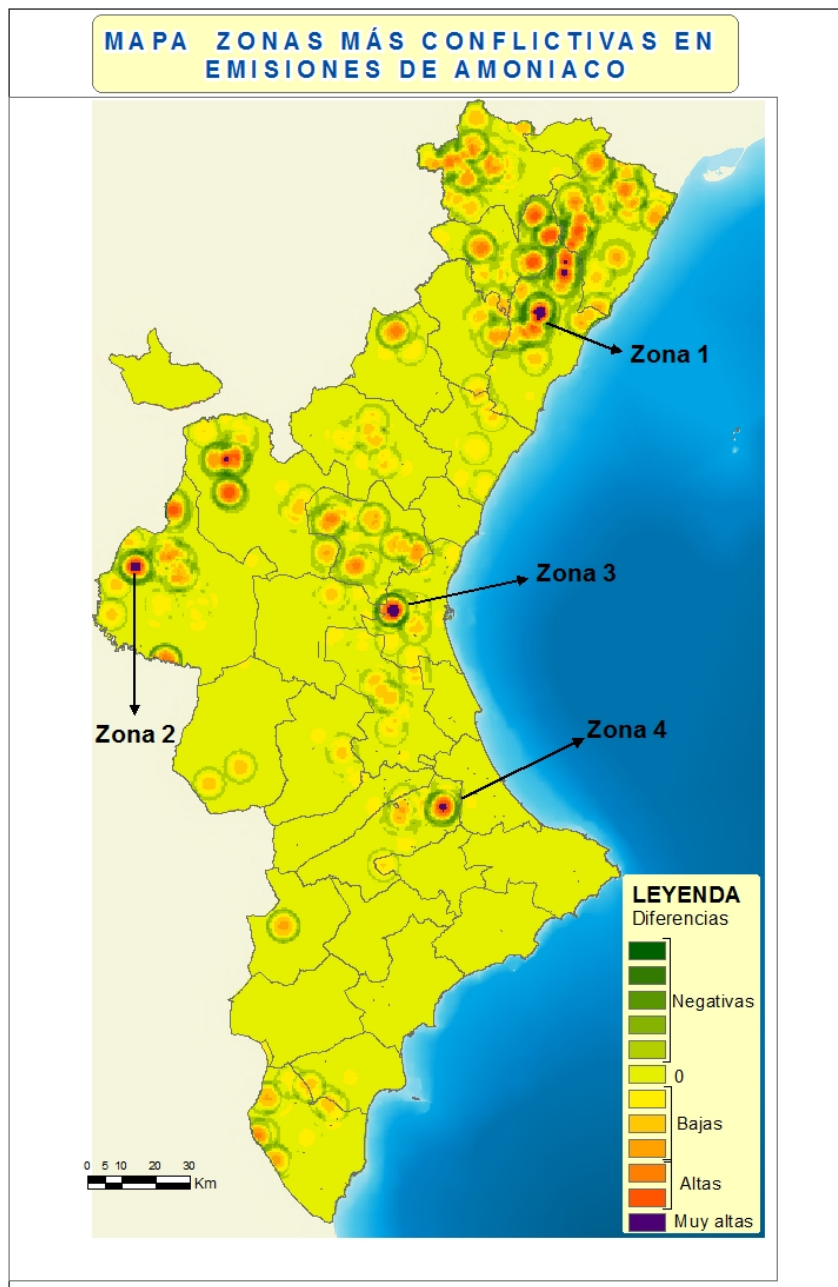


Figura 18. Zonas más conflictivas en emisiones de amoniaco

Se observa que la metodología de cálculo utiliza como datos básicos el número de efectivos animales (censo), el nitrógeno excretado y unos determinados factores de emisión.

Aunque todos los años se publican encuestas ganaderas que dan información sobre el censo actualizado del sector porcino (<http://www.magrama.gob.es>), tal y como se cita en el apartado 3.4, la base de datos utilizada en este TFG data de 2007 y es debido a que no se dispone de una base de datos tan detallada que reproduzca la distribución espacial de la ganadería con la que calcular las emisiones de amoníaco mediante métodos estimativos; además, con los datos más actuales de los censos no se podría utilizar los SIG. Por tanto, utilizar datos actualizados de censos y revisar los factores de emisión y cantidades excretadas de nitrógeno parece fundamental para obtener estimaciones realistas de estas emisiones.

Por otra parte, la metodología de cálculo permitiría incluir medidas de reducción de emisiones, con lo que se podría estimar su efecto en la reducción de emisiones.

Actualmente empieza a existir información detallada respecto a determinadas técnicas de reducción de emisiones, las denominadas Mejores Técnicas Disponibles (Caracterización de sistemas de gestión de deyecciones. Sector porcino intensivo. MARM 2010), por lo que podrían establecerse estrategias efectivas para intentar reducir las emisiones en su conjunto. Técnicas como un mayor ajuste en la alimentación, el uso de distintos tipos de cubiertas en balsas o el enterrado del purín tras la aplicación permitirían reducir considerablemente estas emisiones.

Por lo tanto, con los datos aquí obtenidos se confirma la utilidad de los SIG para abordar desde una perspectiva territorial la estadística y el análisis de la dinámica de ganadería de porcino en la Comunidad Valenciana pudiendo delimitar las zonas ganaderas con mayor problemática desde diferentes puntos de vista.

Para finalizar, destacar que actualmente la legislación, aunque es profusa, tiene un control laxo sobre la emisión de NH_3 en la ganadería española. Al ser complicado, no se vigila el nivel de emisiones y tampoco se apoyan medidas específicas, o quizás sean insuficientes, para reducir las emisiones. Por lo tanto, la legislación actual tiene una influencia limitada en la reducción de estas emisiones.

5. CONCLUSIONES

Sobre el TFG

1. La cabaña ganadera mayoritaria en la Comunidad Valenciana corresponde al sector porcino con un total de 1.313.742 animales (equivalente a 376.892 Unidades Ganaderas). De las 1.229 explotaciones porcinas existentes, 716 se encuentran ubicadas en la provincia de Castellón, 412 en la de Valencia y 101 en la provincia de Alicante.
2. El total de los animales distribuidos según el tipo de explotación *-cebadero, ciclo cerrado, mixto, producción de lechones y otros...-*, generan en excretas 12.625 T de Nitrógeno al año, y se estima en 6.749 T las emisiones de Amoniaco a la atmósfera que supone el 2% del límite total para de las 353.000 T marcadas para España. Siendo el valor medio de emisión de amoniaco por explotación de 5,4 T al año, más de 60% de las explotaciones emiten valores por debajo de la media.
3. El uso consolidado de la tecnología SIG es un instrumento clave para la identificación de factores de riesgo y su correlación con posibles afectaciones al medio ambiente y a la salud pública, especialmente en aquellas áreas geográficas donde se ha producido una elevada concentración de las explotaciones y su consiguiente emisión de amoniaco. Las zonas geográficas más conflictivas, con un gran valor en cuanto a la emisión de amoniaco debido a una numerosa concentración de explotaciones de porcino, son La Plana Alta, en la provincia de Castellón y La Plana de Utiel, L'Horta y La Vall d'Albaida en la provincia de Valencia. Tan solo 52 explotaciones ubicadas en estas cuatro zonas emiten el 7% de la emisión total de amoniaco de la CV.
4. Es necesaria la actualización permanente, periódica y a tiempo real de los censos de ganado porcino y de distribución espacial de las ganaderías, con el fin de disponer de los inventarios de las emisiones de amoniaco más fiables posibles, y con ello hacer posible la optimización del control de tales emisiones.

Sobre el autor

1. La redacción de este Trabajo Fin de Grado, ha supuesto el cambio de pensar como estudiante a pensar como profesional, reflexionando sobre las responsabilidades derivadas como futuro profesional de la Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.

6. BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo de 21 de julio de 2006, del Consell, por el que se aprueba el Plan Estratégico de la Ganadería Valenciana, en el Marco del Plan Millorar. *Diario Oficial de la Comunidad Valenciana*, núm. 5312, de 27 de julio de 2006, pp. 26437-26448.

Anderson, N.; Strader, R.; Davidson, C. (2002). Airborne reduced nitrogen: ammonia emissions from agriculture and other sources. *Environmental International* 29, 277-286.

Beyer, HL 2004. Herramientas de análisis de HAWTH para ArcGIS. Disponible en <http://www.spatial ecology.com/htools>. [Fecha de descarga Mayo 2014].

Botermans, J.; Gustafsson, G.; Jeppsson, K.; Brown, N; Rodhe, L. (2010). *Measures to reduce ammonia emissions in pig production. Review*. Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science. Report 2010:12.

Burrough P. A. (1986): Principles of geographic information systems for land resources assessment. Oxford, Clarendon.

Burton, C. (2009). Reconciling the new demands for food protection with environmental needs in the management of livestock wastes. *Bioresource Technology* 100, 5399-5405.

Carew, R. (2010). Ammonia emissions from livestock industries in Canada: Feasibility of abatement strategies. *Environmental Pollution* 158, 2618-2626.

Centro Nacional de Información Geográfica. Centro de descargas. Disponible online en <https://www.cnig.es/catalogo.do>. Fecha de descarga Mayo 2014.

Cowen D. (1988): GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, pp. 1551-1554.

Decreto 13/2000, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano, por el que se designan, en el ámbito de la Comunidad Valenciana, determinados municipios como zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias. *Diario Oficial de la Comunidad Valenciana*, núm. 3677, de 31 de enero de 2000, pp. 1511-1515.

Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. *Boletín Oficial de la Unión Europea*, núm. 375, de 31 de diciembre de 1991, pp. 1-8.

Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. *Diario Oficial L 372* de 27 de diciembre de 2006.

Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación. *Diario Oficial de la Unión Europea L 24* de 29 de enero de 2008.

Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. *Diario Oficial de la Unión Europea L 152* de 11 de junio de 2008.

Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos. *Diario Oficial L 312* de 22 de noviembre de 2008.

Directiva 2008/120/CE del Consejo de 18 de diciembre de 2008 relativa a las normas mínimas para la protección de los cerdos. *Diario Oficial L 47* de 18 de febrero de 2009.

ESRI (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute (ESRI).

-
- European Environment Agency (2014). Technical report nº 9/2014. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014. Submission to the UNFCCC Secretariat.
- European Environment Agency (2013). Technical report nº 10/2013. European Union emission inventory report 1990–2011 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP).
- European Environment Agency (2013). Technical report nº 12/2013. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013.
- Generalitat Valenciana. Conselleria de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua. Ganadería. Disponible online en www.agricultura.gva.es/ganaderia. Fecha de consulta: Junio 2013.
- Goodchild, M. F. (1992): Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6, pp. 31-45.
- Gutiérrez Puebla J. y Gould M. (2000): SIG: Sistemas de Información Geográfica. Editorial Síntesis SA. Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística. Cifras de población y censos demográficos. Disponible online en www.ine.es. Fecha de consulta: Junio 2014.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 157, de 2 de julio de 2002, pp. 23910-23927.
- Ley 6/2003, de 4 de marzo, de ganadería de la Comunidad Valenciana. *Boletín Oficial del Estado*, 4 de abril de 2003, núm. 81, pp. 13083-13116 y *Diario Oficial de la Comunidad Valenciana*, núm. 4455, de 7 de marzo de 2003, pp. 7421-7475.
- Ley 2/2006, de 5 de mayo, de prevención de la contaminación y calidad ambiental de la Comunidad Valenciana. *Diario Oficial de la Comunidad Valenciana*, núm. 5256, de 11 de mayo de 2006, pp. 16611-16659.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 275, de 16 de noviembre de 2007, pp. 46962-46987.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y Suelos Contaminados. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 181, de 29 de julio de 2011, pp. 85650-85705.
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 140, 12 de junio de 2013, pp. 44257-44288.
- Lillyman, C.; Buset, K.; Beaney, G.; Mullins, D. (2009). The Development of Regionally Based Performance Standards for Agricultural Ammonia Emissions in the Context of Particulate Matter Formation in Canada. National Agri- Environmental Standards Initiative Synthesis Report No. 2. Environment Canada, Gatineau, Quebec, 80 pp.
- Magrama (2013). Balance de nitrógeno y emisiones en la ganadería: Anejo volumen 4 (A4). Porcino intensivo. Documento de trabajo para el cálculo de emisiones contaminantes a la atmósfera en la ganadería.
- Martens, W.; Böhm, R. (2009). Overview of the ability of different treatment methods for liquid and solid manure to inactivate pathogens. *Bioresource Technology* 100, 5374-5378.
-

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones). *Caracterización de sistemas de gestión de deyecciones. Sector Porcino Intensivo*. 2010.

Peña Llopis J. (2006): *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio*. Editorial Club Universitario. Alicante.

Prapasongsa, T.; Christensen, P.; Schmidt J.H.; Thrane, M. (2010). *LCA of comprehensive pig manure management incorporating integrated technology systems*. *Journal of Cleaner Production* 18, 1413-1422.

Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 58, de 8 de marzo de 2000, pp. 9505-9512.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 176, de 24 de julio de 2001, pp. 26791-26817.

Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 96, de 21 de abril de 2007, pp. 17686-17703.

Real Decreto 509/2007, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 96, de 21 de abril de 2007, pp. 17704-17717.

Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 25, de 29 de enero de 2011, pp. 9540-9568.

Recatalá, L.; Ibe, J.R.; Baird, I.A.; Hamilton, N.; Sánchez, J. Land-use planning in the Valencian Mediterranean Region: Using LUPIS to generate issue relevant plans. *Journal of Environmental Management* (2000) 59, 169–184.

Suzuki, K.; Waki, M.; Yasuda, T.; Fukumoto, Y.; Kuroda, K.; Sakai, T.; Suzuki, N.; Suzuki, R.; Matsuba, K. (2010). *Distribution of phosphorus, copper and zinc in activated sludge treatment process of swine wastewater*. *Bioresource Technology* 101 (23), 9399-9404.

Universidad Politécnica de Valencia (Departamento de Ciencia Animal) y Generalitat Valenciana (Conselleria de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles (MTD's) en explotaciones porcinas intensivas en la Comunidad Valenciana*. 2009.

Vanotti, M.B.; Millner, P.D.; Hunt, P.G.; Ellison, A.Q. (2005). *Removal of pathogen and indicator microorganisms from liquid swine manure in multi-step biological and chemical treatment*. *Bioresource Technology* 96, 209-214.

Webb, J.; Pain, B.F.; Bittman, S.; Morgan, J. (2010). The impacts of manure application methods on emissions of ammonia, nitrous oxide and on crop response a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137, 39-46.

7. ANEXOS

Figuras

- Figura 1 Aspectos medioambientales relacionados con la cría de ganado intensivo.
- Figura 2 Proceso del nitrógeno durante la ingesta y excreta del cerdo.
- Figura 3 Árbol de decisión para la estimación de las emisiones.
- Figura 4 Ubicación de la Comunidad Valenciana en la Península Ibérica y su distribución por provincias.
- Figura 5 Descripción esquematizada del método de Nivel 2 para el cálculo de las emisiones de amoniaco.
- Figura 6 Distribución de explotaciones por especie en la Comunidad Valenciana.
- Figura 7 Distribución de Unidades Ganaderas por especie en la Comunidad Valenciana.
- Figura 8 Tipos de explotaciones de porcino en la Comunidad Valenciana.
- Figura 9 Distribución de los tipos de explotaciones de porcino en la Comunidad Valenciana.
- Figuras 10 y 11 Distribución general y por orientación productiva de las explotaciones de porcino en la Comunidad Valenciana
- Figura 12 Densidad ganadera de las explotaciones de porcino de la Comunidad Valenciana.
- Figura 13 Histograma de frecuencias de emisiones de NH_3 .
- Figura 14 Porcentajes de emisión de amoniaco en provincias valencianas.
- Figuras 15 y 16 Densidades variables en función de distintos radios.
- Figura 17 Densidad de Amoniaco en la Comunidad Valenciana.
- Figura 18 Zonas más conflictivas en emisiones de amoniaco.

Tablas

Tabla 1	Categorías y Subcategorías de ganado porcino y sus correspondientes valores de nitrógeno excretado en kg por año.
Tabla 2	Factores de emisión para cada una de las etapas en la gestión de purines.
Tabla 3	Resumen por especies del número de explotaciones y unidades ganaderas en la C.Valenciana.
Tabla 4	Distribución por provincias del censo de animales, explotaciones y unidades ganaderas.
Tabla 5	Número de explotaciones de cada tipo.
Tabla 6	Nitrógeno excretado en las granjas porcinas de la CV.
Tabla 7	Balace de masas del método de Nivel 2.
Tabla 8	Emisiones de amoniaco en cada una de las fases del proceso.
Tabla 9	Emisiones por provincias.
Tabla 10	Datos obtenidos para cada tipo de ganado.
Tabla 11	Media de las distancias en metros y desviación estándar entre cada explotación y las 5 más cercanas.
Tabla 12	Emisión de amoniaco en las zonas más conflictivas de la Comunidad Valenciana.
Tabla 13	Unidades ganaderas en las zonas más conflictivas de la Comunidad Valenciana.