



Abril 2024

Evaluación del impacto ambiental de las macrogranjas porcinas y su relevancia en el contexto nacional



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Participantes en el proyecto

Jesús Godifredo Calvo. Apoyo técnico

Juan Fernando Martín. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

Ismael Morales. Responsable de Comunicación. Fundación Renovables

Alexandra Llave. Área de Comunicación. Fundación Renovables

Maribel Núñez. Gerente. Fundación Renovables

María Manzano. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

Ladislao Montiel. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

Carmen Crespo. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

Alba González. Informadora ambiental. Fundación Renovables

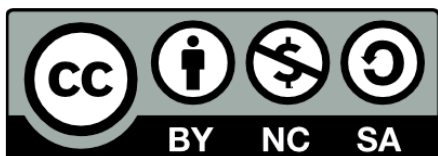
Javier Pamos Serrano. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables

Fernando Ferrando. Fundación Renovables

Mariano Sidrach de Cardona. Catedrático. Universidad de Málaga

Llanos Mora. Catedrática. Universidad de Málaga

Raquel Paule. Directora General. Fundación Renovables



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA).

Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte de este siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia.

Fundación Renovables

(Declarada de utilidad pública)

Calle Santa Engracia 108, 5º Int. Izda.

28003 Madrid

www.fundacionrenovables.org



Este proyecto ha sido financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y será publicado en la web de la Fundación Renovables.




Índice

Justificación. Necesidad de la investigación	5
Objetivos del proyecto	10
Fases del proyecto.....	13
Capítulo 1. La ganadería porcina en España	17
Capítulo 2. Impacto ambiental de las macrogranjas y su importancia	27
Daños ambientales y sus efectos.....	27
Impacto hídrico.....	27
Impacto atmosférico	36
Impactos en ecosistemas terrestres.....	42
Impactos socioeconómicos: despoblación	45
Efecto salud: pandemias	47
Bienestar animal.....	50
Capítulo 3. Marco normativo respecto a la ganadería y sus residuos	54
Legislación nacional aplicable	54
Comunidades autónomas	61
Confederaciones Hidrográficas de Cuenca.....	62
Capacidad local y vecinal	64
Capítulo 4. Medidas preventivas y correctivas	70
Reducción de impactos sociales	72
Ruidos	72
Olores.....	72
Transmisión de enfermedades	74
Reducción de impactos atmosféricos	76
Emisión de NH ₃	76
Emisión de CH ₄	78



Reducción de impactos hídricos	78
Reducción de consumos de agua	78
Reducción de compuestos nitrogenados en el agua y en aguas residuales	79
Gestión de los purines	81
Separación mecánica.....	82
Compostaje.....	84
Nitrificación- Desnitrificación	85
Digestión anaerobia	85
Planes de vigilancia y emergencia	86
Grado de implantación de las MTD	87
Tabla resumen.....	91
Capítulo 5. Propuesta de tren de tratamiento para los purines.....	94
Caracterización del purín	97
Pretratamiento.....	97
Desbaste	97
Homogeneización	98
Digestión anaerobia.....	98
Cristalización en forma de estruvita	101
Esquema general propuesto	102
Capítulo 6. Conclusiones.....	105
Anexo	109
Proceso de nitrificación - desnitrificación	109
Digestión anaerobia.....	110
Caracterización del purín	112
Gestión del purín	116
Pretratamiento	116
Digestión anaerobia	118
Cristalización en forma de estruvita	122





Índice de figuras y tablas	126
Índice de figuras	126
Índice de tablas	128
Bibliografía.....	130
Documentos científicos.....	130
Páginas web consultadas	135
Capítulo 1	135
Capítulo 2	135
Capítulo 3	138
Capítulo 4	141
Capítulo 5	142
Legislación.....	143



Justificación. Necesidad de la investigación

Evaluación del impacto ambiental de las macrogranjas porcinas y su relevancia en el contexto nacional



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Justificación. Necesidad de la investigación

La creciente presión sobre los recursos hídricos debido al incremento de la población y la demanda de agua, junto con un futuro escenario de cambio climático en el que las sequías son cada vez más frecuentes, provoca que **la protección de las masas de agua dulce sea un objetivo importante a corto plazo**. La situación actual de las reservas de agua de España no es favorable, ya que según los informes hidrológicos de las distintas Confederaciones Hidrográficas, el 40% de las masas de agua está contaminado por nitratos, de acuerdo a los niveles expuestos en la [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 procedentes de fuentes agrarias. La Cuenca del Ebro es el caso más llamativo, pues ha pasado de 47 masas de agua afectadas en el periodo 2012-2015 a 96 en el intervalo 2016-2019 y en ese mismo periodo el número de cerdos en explotación entre Aragón y Cataluña pasaron de 14.6 millones a 18 millones (aproximadamente el 50% del ganado porcino del país), según el informe de principales indicadores económicos del sector de la carne de cerdo (2021). El documento inicial del Plan Hidrológico del Ebro (PHE) para el periodo 2021-2027 informaba de que casi dos terceras partes de las explotaciones ganaderas de la cuenca de este río contaminan con nitratos los acuíferos sobre los que están construidas.

El exceso de nitratos en las masas de agua provoca grandes cambios ecológicos que acaban reduciendo la calidad del agua. En presencia de un gran aporte de nutrientes, las algas crecen de forma incontrolada al no existir limitaciones por el sustrato. Al morir estas algas, las bacterias comenzarán a descomponerlas en un proceso natural. Sin embargo, debido a la gran masa vegetal, la actividad de las bacterias consume gran parte, o todo el oxígeno, de la masa de agua, provocando la asfixia de otros organismos como moluscos o peces. Mientras siga llegando aporte de nutrientes como el nitrato, las algas seguirán floreciendo y las bacterias consumiendo todo el oxígeno, convirtiendo el ecosistema acuático en un ecosistema inhabitable. Este proceso, llamado **eutrofización**, se puede corroborar en diferentes ejemplos, siendo el más reciente la catástrofe ecológica producida en el Mar Menor. Por ello, es imprescindible delimitar zonas vulnerables a las que se tiene que prestar especial atención a la contaminación y al vertido de corrientes con nitrógeno ([Real Decreto 47/2022](#), de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias). Actualmente, el 24% del territorio está calificado como zona vulnerable a nitratos. Según el informe de la Comisión Europea al Consejo y al Parlamento Europeo del 11 de octubre de 2021, la ganadería es la responsable del 81% de la aportación de nitrógeno agrícola a los sistemas acuáticos y del 87% del amoníaco procedente de las emisiones a la atmósfera. Sin embargo, no



todas las formas de ganadería tienen el mismo efecto sobre el medio ambiente, ya que, según los últimos datos del Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, el 53% de las toneladas de amoníaco liberado a la atmósfera provienen de instalaciones con más de 2.000 plazas para cerdos, lo que comúnmente se denomina “macrogranja” aunque esta caracterización no esté definida en la legislación.

Los datos muestran una tendencia continua a la desaparición de granjas de pequeña extensión mientras que **las macrogranjas cada vez son más numerosas**. A fecha de finalización de este estudio, hoy más de 2.200 explotaciones industriales porcinas con al menos plaza para 2.000 cerdos (Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas 2021). El número de instalaciones reducidas ha pasado de 32.710 en 2007 a 17.338 en 2021, mientras que las instalaciones del grupo 3 (o macrogranjas) crecen de 1.425 a 2.214 (Figura 1) (categorías acordes al [Real Decreto 306/2020](#), de 11 de febrero).

Variación del número de instalaciones en función de su tamaño

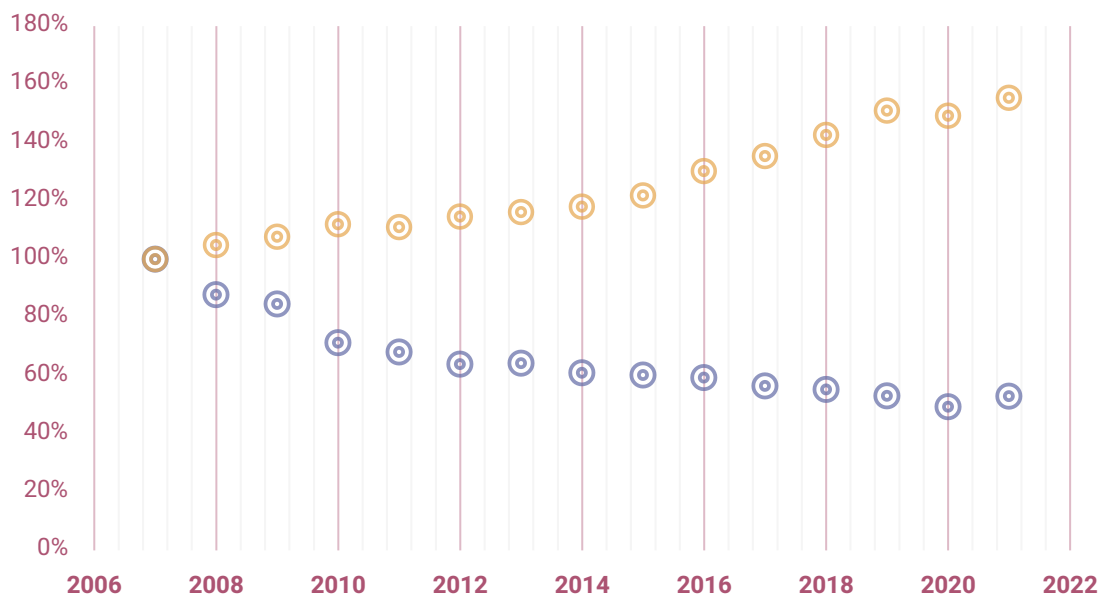


Figura 1. Variación en el número de instalaciones de acuerdo con su dimensión.

Fuente: elaboración propia en base a datos del Informe de principales indicadores económicos del sector de la carne de cerdo (2021).

Esta tendencia creciente, no solo del número de macrogranjas si no también del número de cerdos en explotación, es preocupante desde un punto de vista ambiental, ya que un cerdo en estas instalaciones produce aproximadamente 5 m³/año de purines ([Decreto 153/2019](#), de 3 de julio), estimándose un total de 60 millones m³/año de



purines producidos. **Los purines son estiércol líquido o semilíquido, con fuerte olor amoniacal, resultado de la mezcla de las defecaciones, aguas de lavado y restos de piensos, que presenta una alta concentración de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, por lo que se considera un residuo que tiene un gran impacto ambiental y por lo tanto tiene que ser gestionado correctamente.**

La gestión del purín supone mayores retos que la del estiércol, que es un producto valorado en agricultura no solo por las mejoras que ofrece al suelo (como aporte de materia orgánica y de capacidad de intercambio catiónico, mejora de su estructura y porosidad) si no porque es un residuo con bajo contenido en agua y, por lo tanto, fácilmente transportable y con menores riesgos en su almacenamiento. El purín, sin embargo, suele ser almacenado en grandes balsas, tanques de almacenamiento o lagunas hasta su gestión. En ese período de almacenamiento se puede producir uno de los principales riesgos de contaminación, ya que una mala impermeabilización o una fisura provocaría la infiltración de parte del purín almacenado. Investigadores de la Universidad Politécnica de Cartagena encontraron que las balsas de instalaciones agrícolas estudiadas en la zona del Mar Menor no eran completamente estancas y el purín llegaba a infiltrarse hasta 8 metros en algunas ocasiones (GARSA, 2020). En el Proyecto Informativo para encontrar soluciones para el vertido cero al Mar Menor (Tragsatec, 2019), se indica que en la cuenca vertiente las instalaciones de almacenamiento de purines son deficientes pudiendo haber sido las causantes del 14% del aporte del nitrógeno. El otro principal problema surge a la hora de la aplicación del purín. Aunque la deposición del purín está extensamente regulada en diferentes textos legales, debido a su gran contenido en agua los costes de transporte se encarecen y no es extraño observar grandes aplicaciones de purín en las inmediaciones de las instalaciones (Figura 2) superando la capacidad de absorción de nutrientes del suelo por la alta carga ganadera.



El almacenamiento incorrecto y una indebida gestión del purín han provocado que la ubicación de nuevas instalaciones de macrogranjas genere conflictos y tensiones en los municipios elegidos para su ubicación, provocando incluso casos como el de Almendros (Cuenca) donde aprobaron una ordenanza municipal para evitar la instalación de una macrogranja (aunque posteriormente fue anulada) ([Elespanol.com 14/11/2022](https://www.lespanol.com/14/11/2022/)).

Teniendo en cuenta el incremento de la extensión de zonas declaradas como vulnerables a los nitratos, la tendencia creciente del número de macrogranjas, el riesgo que suponen y el malestar que provocan, es necesario analizar detenidamente cómo se podrían solventar los problemas asociados a este tipo de instalaciones. Por otro lado, puede enfocarse la gestión de los purines no como un residuo, sino como una corriente generada en un proceso industrial que contiene recursos recuperables. El purín tiene de media 73 g/Kg de demanda química de oxígeno (DQO), 6 g/kg de nitrógeno y 1.4 g/kg de fósforo (BESEL, S.A., 2007), por lo que **se deben contemplar tecnologías como la digestión anaerobia para poder valorizar energéticamente la materia orgánica contenida y así extraer una corriente de biogás rica en metano** y otras enfocadas a la recuperación del nitrógeno y del fósforo como contactores de membrana o la cristalización de la estruvita, para finalmente obtener un fertilizante.

Dar una nueva visión sobre la gestión de estas macrogranjas nos acercaría a cumplir los compromisos medioambientales y sociales alcanzados desde diversas instituciones. Bajo una perspectiva general este proyecto está ligado, en gran medida, con algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por la ONU, como el ODS6 “Agua limpia y saneamiento”, el ODS12 “Producción y consumo responsables” y el ODS13 “Acción por el clima”. También, si se llevan a cabo las alternativas enfocadas a la valorización de los purines, estaría relacionado con el objetivo ODS7 “Energía asequible y no contaminante”. Por otro lado, permite empezar a definir líneas de actuación para cumplir el Pacto Verde Europeo en relación con la reducción de emisiones atmosféricas de las explotaciones ganaderas intensivas. Además, el tratamiento de este residuo ganadero mediante la digestión anaerobia va en consonancia con los objetivos de producción de biogás para el 2030 recogidos en la Hoja de Ruta del Biogás (Mincotur, 2022). Por último, el reciente cambio legislativo respecto al uso de purines en la agricultura ([Real Decreto 1051/2022](https://www.boe.es/real-decreto-1051-2022), de 27 de diciembre) hace conveniente plantear alternativas de gestión para este residuo.



Objetivos del proyecto

Evaluación del impacto ambiental de las macrogranjas porcinas y su relevancia en el contexto nacional



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es elaborar un material de consulta que permita reducir los impactos ambientales y sociales de las macrogranjas en su entorno. Para alcanzar este objetivo final se alcanzarán otros objetivos intermedios que aporten un mayor conocimiento y claridad a la problemática.

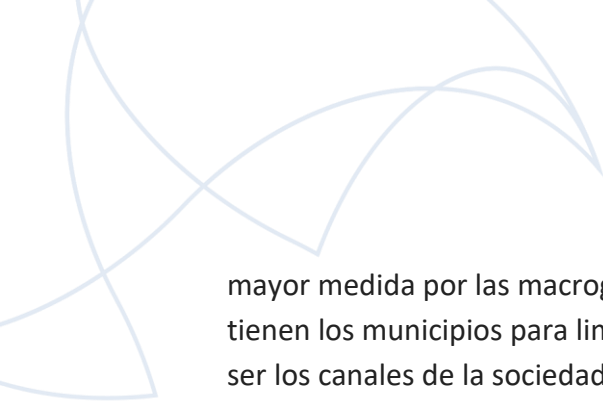
En primer lugar, para justificar la importancia del estudio de las macrogranjas dentro de todo el sector agroganadero, **se analizará la situación actual de estas instalaciones y cuáles son los motivos de rechazo social en contra de ellas.** Para las consideraciones legales de las instalaciones definidas coloquialmente como macrogranjas se empleará al grupo tercero de instalaciones del [Real Decreto 306/2020](#), de 11 de febrero (más de 2.000 cerdos de cebo).

También **se definirán los impactos ambientales que tienen las macrogranjas en el entorno y la biodiversidad**, realizado un estudio de las afecciones provocadas tanto en el suelo, como en el agua y el aire. Este objetivo está ligado estrechamente al ODS6 “Agua limpia y saneamiento” y al ODS13 “Acción por el clima”. Gracias a este objetivo se comprobará en qué estado se encuentran las masas de agua dulce de España, la relación con la ubicación de las macrogranjas y cómo, en base al [Real Decreto 47/2022](#), de 18 de enero, las zonas vulnerables a nitratos van ampliándose debido, en parte, a la contaminación provocada por estas granjas. También se comprobará el grado de aportación de las macrogranjas al efecto invernadero y qué repercusión tienen sus emisiones para el buen cumplimiento de la Agenda 2030 sobre la reducción de Gases de Efecto Invernadero. Por otro lado, se tendrá en cuenta el efecto local de la contaminación atmosférica producida ([Real Decreto 102/2011](#), de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire).

En base al objetivo intermedio anterior, se elaborarán una serie de materiales (tablas y gráficos) que resuman la afección de los purines a las aguas superficiales y subterráneas, así como su impacto atmosférico. De manera análoga, este objetivo responde a las necesidades de los ODS6 “Agua limpia y saneamiento” y ODS13 “Acción por el clima”.

Como la legislación relativa a la gestión de las macrogranjas y sus residuos, en especial de los purines, al ser un residuo con gran potencial contaminante, se realizará un estudio de todas las normas aplicables, destacando el contenido de mayor interés. Este análisis se hará a nivel europeo y las transposiciones en España, pero también se comentará la legislación autonómica de aquellos territorios que se ven afectados en





mayor medida por las macrogranjas y se analizará la capacidad de actuación que tienen los municipios para limitar o regular estas instalaciones, así como cuáles pueden ser los canales de la sociedad civil para influir en las decisiones. Estas acciones están muy relacionadas con las líneas de actuación de la Agenda Urbana Española (asegurar la participación ciudadana, la transparencia y favorecer la gobernanza multinivel) en relación con el ODS16 “Paz, justicia e instituciones sólidas”.

A continuación, **se elaborará una guía de buenas prácticas para industrias porcinas, con el objetivo de reducir los impactos ambientales y sociales.** La información será extraída de proyectos ya realizados y de los que se ha comprobado su eficacia, así como de material de consulta elaborado por diferentes administraciones públicas. Este objetivo se alcanzará una vez logrados los anteriores, por lo tanto, también implica los ODS ya mencionados.

Tras la guía de buenas prácticas, **se desarrollará un tren de tratamiento para los purines** aportando una alternativa a la gestión tradicional de deposición en campos de cultivo. Teniendo en cuenta las limitaciones legislativas encontradas mediante la consecución de uno de los objetivos anteriores (en especial el reciente [Real Decreto 1051/2022](#) de 27 de diciembre), se propondrán una serie de tratamientos enfocados no solo a reducir la capacidad contaminante de los purines, sino también para recuperar la mayor cantidad de recursos presentes en esta corriente, tales como nutrientes, agua y energía. Con este objetivo se abordarán los ODS7 “Energía asequible y no contaminante” y ODS12 “Producción y consumo responsables” que actualmente se están trabajando en el Pacto Verde Europeo y la Hoja de Ruta del Biogás.

Por último, un objetivo transversal a todos ellos es **educar a la ciudadanía sobre la importancia de cuidar el territorio y proteger la biodiversidad** y empoderarla ofreciéndoles un documento de fácil lectura que pueda aclarar cuestiones sobre las macrogranjas y que puedan emplear en los diferentes canales de participación ciudadana para futuras propuestas.



Fases del proyecto

**Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Fases del proyecto

Para la consecución del objetivo final, y de todos los objetivos intermedios, se han propuesto una serie de tareas y fases a desarrollar. Las primeras estarán enfocadas en conocer el estado del arte de las diferentes problemáticas señaladas anteriormente (situación ganadería porcina, textos normativos aplicables, riesgos sobre la salud y el medio ambiente...) para, posteriormente, analizarlas, sintetizarlas y elaborar un material que dé respuesta a los problemas relacionados con los purines (guía de buenas prácticas y alternativa de tratamiento para los purines).

1. Búsqueda bibliográfica

Como en todo proyecto de investigación se comenzará con una búsqueda bibliográfica. En esta fase se recopilará la legislación española relativa a las explotaciones ganaderas intensivas y a la gestión de los purines, incluyendo sus posibles usos finales. Se realizará una búsqueda de la normativa europea y su transposición en la legislación española, así como de los textos legislativos de las comunidades autónomas donde las macrogranjas tenga mayor presencia. También se buscarán ejemplos de gobernanza local para intentar definir los límites de actuación y competencias. De esta manera, podremos conocer qué limitaciones presenta la gestión de los purines y qué obligaciones tienen estas instalaciones.

Se hará una búsqueda de episodios de contaminación derivados de estas macrogranjas en los que se puedan identificar las causas y el origen, así como de medidas preventivas para evitar futuros episodios y conocer cuál es el impacto de esta contaminación. En cuanto a la gestión de los purines, se buscará bibliografía que recoja qué alternativas existen para la gestión de este residuo y cuál es actualmente su principal uso.

2. Análisis de la documentación

Una vez recopilada la información, se procederá a analizarla, sintetizarla y extraer conclusiones. Se podrá conocer la importancia del sector porcino en España y la tendencia futura hacia el tipo de explotaciones que se espera en el sector. En base a los episodios de contaminación o de malestar social encontrados se podrán identificar los principales focos y las situaciones problemáticas derivadas de las macrogranjas. Con la referencia de estas experiencias se podrá conocer por qué tuvo lugar el episodio (si fue por incumplimiento de la legislación y un mal seguimiento por parte de la administración, por antigüedad de las instalaciones, por fallos en la infraestructura,



por malas prácticas...), cuáles fueron los efectos y qué medidas preventivas se adaptaron para evitar nuevos episodios.

También se podrá conocer el grado de contaminación que provocan estas instalaciones en los ecosistemas acuáticos (con relación a las zonas definidas como vulnerables a nitratos) y en la calidad del aire, tanto a nivel global (grado de participación en el cambio climático mediante la emisión de Gases de Efecto Invernadero) como a nivel local (precursor del *smog* fotoquímico y fuente de olores).

Para la gestión del purín, se contrastará que las alternativas propuestas tienen cabida bajo la legislación actual y si las características del residuo son adecuadas para las tecnologías propuestas. Además, se deberá tener en cuenta el aspecto energético y económico de las diferentes alternativas. Se tomarán de referencia proyectos ya realizados.

3. Creación de la guía de buenas prácticas

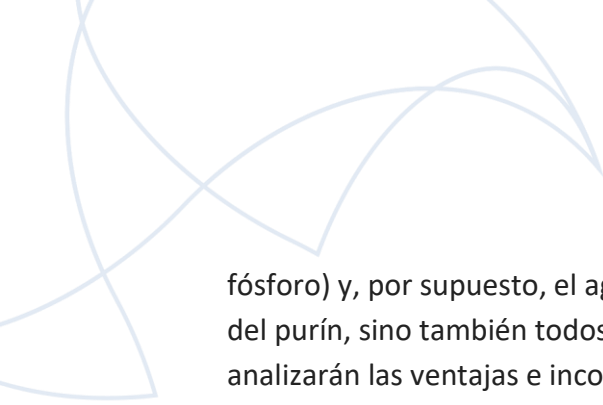
Con la información obtenida, se pasará a elaborar una guía de buenas prácticas, en la que se definirán cuáles son los principales focos de contaminación y de malestar con el fin de cambiar la forma de trabajar hasta la fecha. Para ello, se propondrán medidas que reduzcan el impacto de estas instalaciones y que hayan sido validadas. Se tomarán como guías medidas que hayan sido llevadas a cabo, recomendaciones de estudios técnicos y documentos de consulta de las distintas administraciones. Como previamente se habrá analizado el papel de la administración en el seguimiento del cumplimiento de la legislación en esta área, se expondrán las debilidades del sistema actual y los aspectos que mejorar para asegurar que los episodios de contaminación no se deban a negligencias o falta de cumplimiento de la legislación.

Como este documento pretende ser una herramienta útil para la ciudadanía, será de fácil lectura y servirá también de síntesis de las ideas extraídas en la fase de análisis.

4. Estudio de alternativas de tratamiento para el purín

Se abordará la gestión del purín como una corriente que contiene recursos de valor extraíbles como alternativa a su gestión tradicional como un residuo con un único uso destinado al abono en agricultura. En base a la tecnología disponible y las características del purín se propondrá un tren de tratamiento que permita valorizar esta corriente. El objetivo será poder recuperar la energía en forma de materia orgánica que contiene el purín, los nutrientes presentes (principalmente nitrógeno y





fósforo) y, por supuesto, el agua. No solo se considerará la parte del tratamiento final del purín, sino también todos los cambios en su gestión desde que se produce. Se analizarán las ventajas e inconvenientes de esta alternativa para conocer en qué medida se mejoraría el impacto ambiental y económico de las instalaciones actuales y cómo esta alternativa, al enfocar desde otro punto de vista la gestión del purín, puede ayudar al cumplimiento de los acuerdos ambientales en relación con la calidad del agua, del aire y de la energía sostenible.

En la propuesta alternativa se explicará el diseño de los equipos para que esta información pueda ser aplicada en instalaciones de diferente tamaño.

5. Difusión e incidencia

Este proyecto será publicado en la web de la Fundación Renovables y en sus perfiles de redes sociales para que esté al alcance de aquellas personas y plataformas de vecinos afectados por una macrogranja ya instalada o que esté en proceso de construcción, administraciones públicas (como ayuntamientos en cuya término se vaya a ubicar una macrogranja o confederaciones hidrográficas que detecten y asocien elevadas concentraciones de nitratos por la presencia de estas instalaciones), las empresas propietarias de las macrogranjas que quieran reducir su impacto ambiental y mejorar su convivencia con los municipios aledaños e, incluso, tengan o quieran conseguir una certificación de calidad ambiental ISO 14001. Por supuesto, también estará al alcance de quienes tengan interés por este tema, para que puedan ampliar su conocimiento sobre estas instalaciones y, en especial, sobre las medidas para reducir su impacto.



Capítulo 1. La ganadería porcina en España

**Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Capítulo 1. La ganadería porcina en España

La agricultura y la ganadería son en España un sector económico con gran peso productivo, llegando a contribuir con el 3,4% al PIB en el año 2022 (INE, 2022). De todos los sectores ganaderos, el del porcino es el que tiene mayor peso, alcanzando cerca del 40% de los beneficios económicos de este sector (MAPA). El cerdo en nuestro país es un producto con gran valor (Figura 3) llegando a proteger su calidad y distinción hasta con seis denominaciones de origen protegido (DOP); Guijuelo, Jabugo, Pasas de Málaga, Los Pedroches, Jamón de Teruel y Dehesa de Extremadura (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

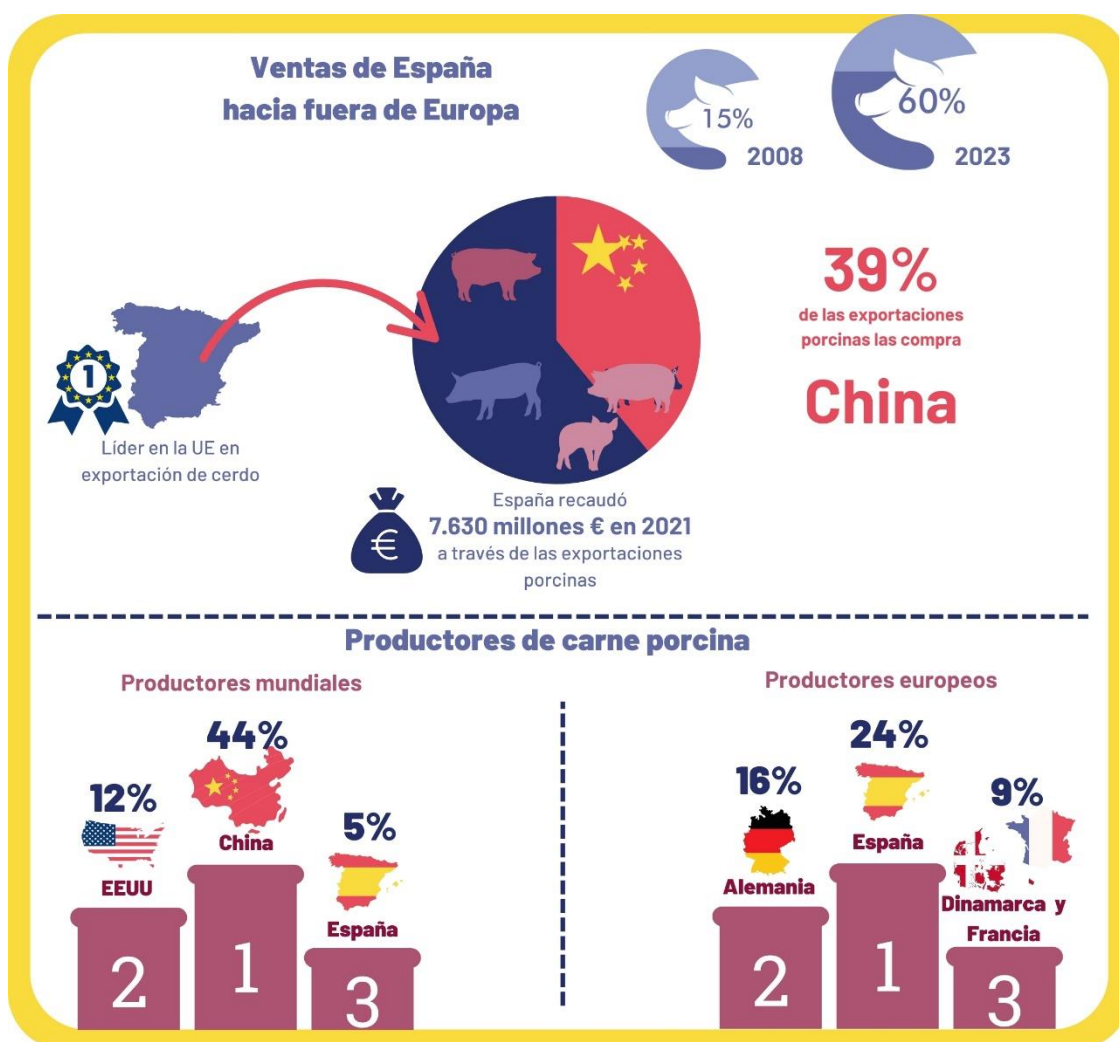


Figura 3. Mercado porcino español.

Fuente: elaboración propia con datos del Informe del sector de la carne de cerdo en cifras, 2021 (MAPA, 2021a) y [Datacomex](#).



Dada la importancia de esta actividad económica en nuestro país, ha sido necesario aprobar un texto legislativo que ordene las granjas porcinas intensivas y extensivas: el [Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero del 2022](#). Uno de los aspectos importantes que recoge este Real Decreto es la clasificación de las instalaciones según su capacidad reproductiva, aunque la legislación los define en base a las unidades ganaderas mayores, que permiten comparar las necesidades del ganado en diferentes etapas de su vida (Figura 4).

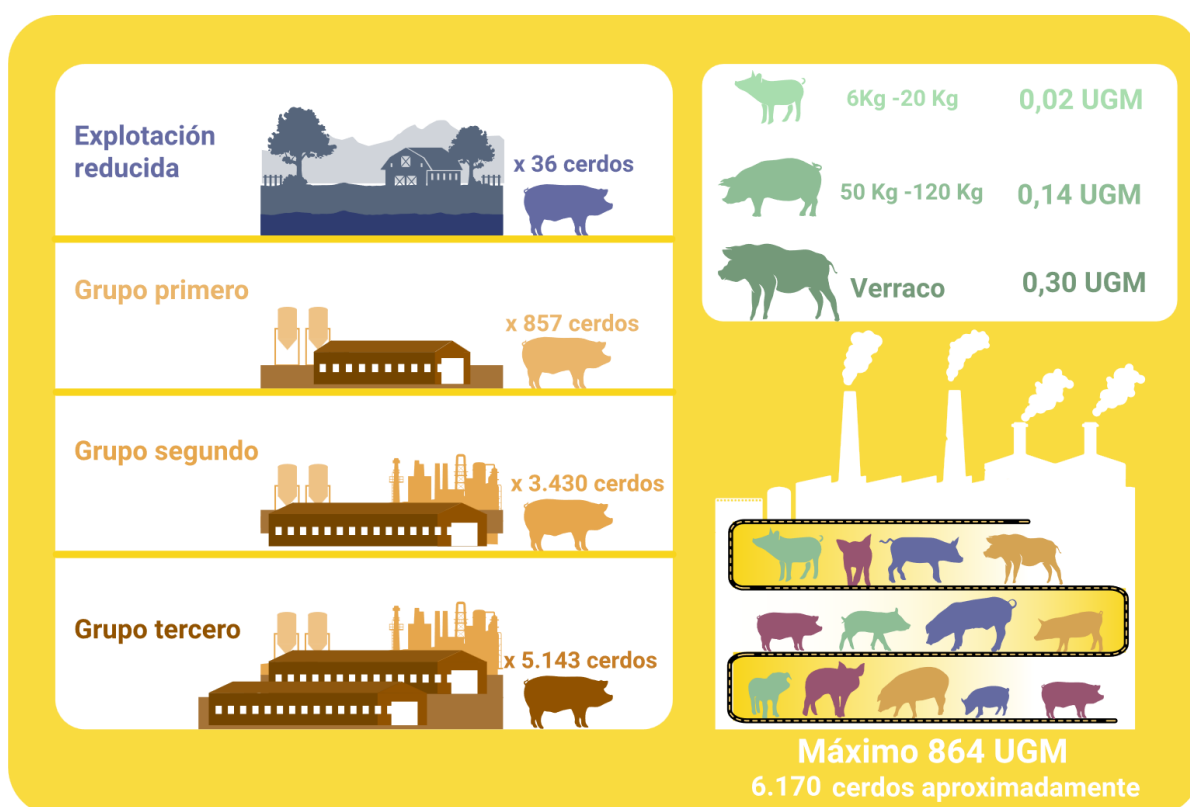


Figura 4. Categorías de instalaciones ganaderas y las Unidades Ganaderas Mayores (UGM).
Fuente: elaboración propia con datos de [Real Decreto 306/2020](#).

De entre las 11 granjas que actualmente no podrían construirse por su tamaño, se encuentra en Hellín (Cuenca), un complejo ganadero para casi 7.000 UGM (indicando en su autorización ambiental integrada que albergarán hasta 48.500 cerdos de cebo y 59.000 lechones entre todas sus instalaciones) ([PRTR](#)).



La producción ganadera de nuestro país presenta ciertas peculiaridades que merecen ser analizadas. Mientras que unas comunidades han apostado por instalaciones de menor tamaño, en Aragón, Cataluña y Castilla y León se concentran el 70% de las instalaciones del Grupo tercero (las que permiten una mayor capacidad de cerdos) (Figura 5).

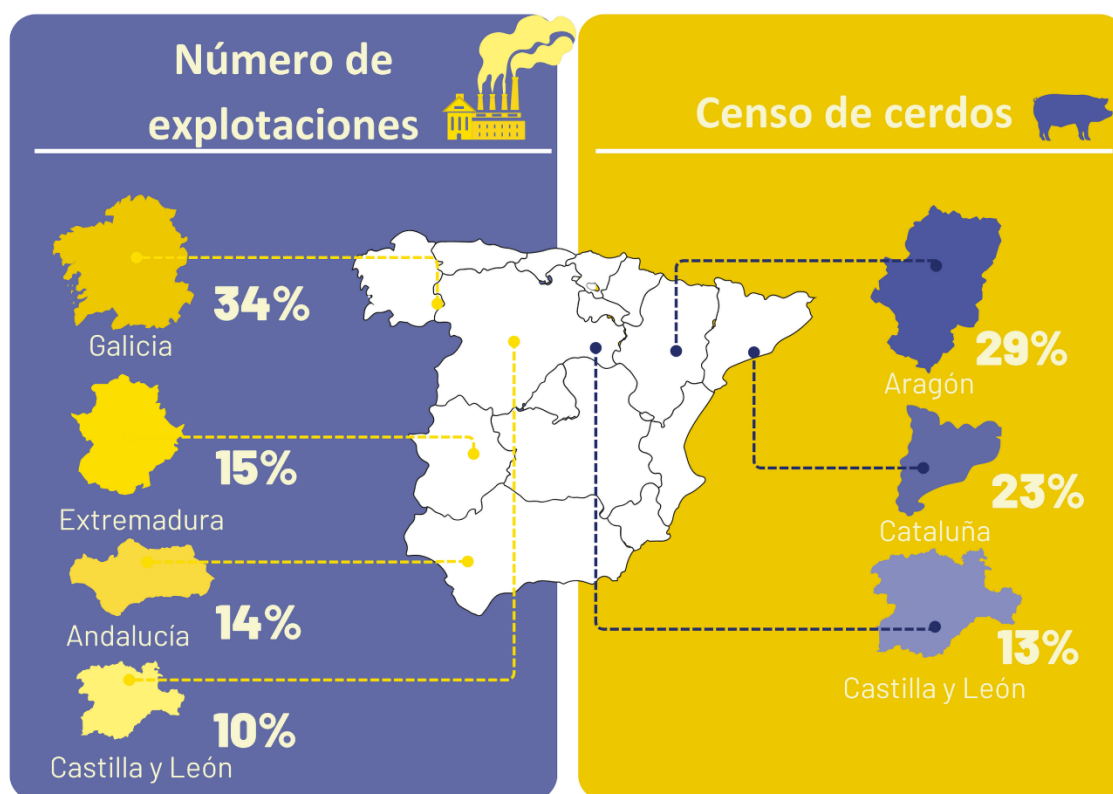


Figura 5. Porcentaje de distribución del número de explotaciones y censo de cerdos por comunidad autónoma. Fuente: elaboración propia con datos del Informe del sector de la carne de cerdo en cifras, 2021 (MAPA, 2021a).

En los últimos años se observa una tendencia generalizada a abandonar las instalaciones reducidas y pequeñas, en favor de las explotaciones que se pueden catalogar como industriales. Este análisis se puede comprobar de diferentes formas. Por un lado, el ganado porcino está en continuo crecimiento, pasando de 26 millones de cabeza de ganado en 2008 a 34,4 millones en 2021. Sin embargo, en este mismo periodo, se ha observado una reducción en cuanto al número de instalaciones, pasando de casi 100.000 a 80.600 (Figura 6). Es decir, si cada vez hay más cerdos, pero en menos instalaciones, es porque el tamaño de estas instalaciones se está incrementando.



Evolución del número de explotaciones y de cerdos

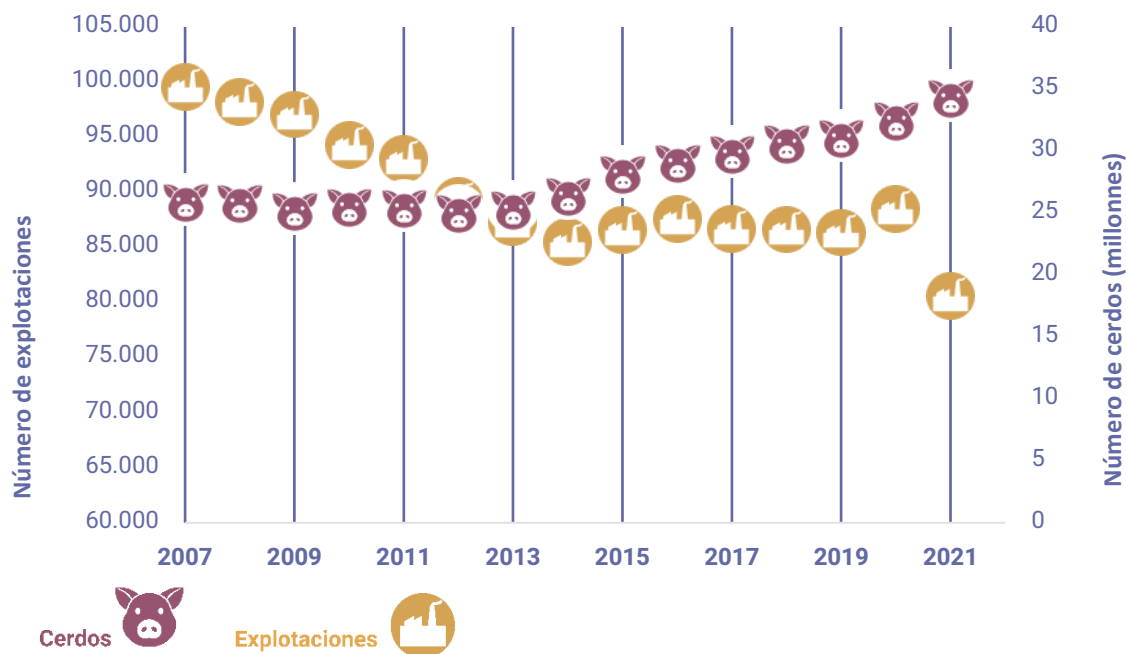


Figura 6. Fluctuaciones en la cantidad de explotaciones y la cría de cerdos entre 2007 y 2021.
Fuente: elaboración propia con datos del Informe del sector de la carne de cerdo en cifras, 2021. (MAPA, 2021a).

Por otro lado, si analizamos la evolución de la distribución de las cuatro categorías del RD 306/2020, podemos observar cómo las instalaciones de menor tamaño se han ido cerrando mientras que las de mayor tamaño (Grupos segundo y tercero) han sufrido un incremento desde el 2007 (Figura 6Figura 7). Es decir, se está apostando cada vez más por un modelo de explotación ganadero más intensivo e industrial. Esta tendencia no solo está ocurriendo en nuestro país, sino también en países de nuestro entorno. Por ejemplo, según la base de datos alemana [Destatis](#), en 2010 Alemania contaba con 60.000 granjas y 27,6 millones de cerdos. En 2020, aunque el censo de cerdos se había reducido ligeramente a 26,3 millones, el número de granjas era casi la mitad (32.000 instalaciones).



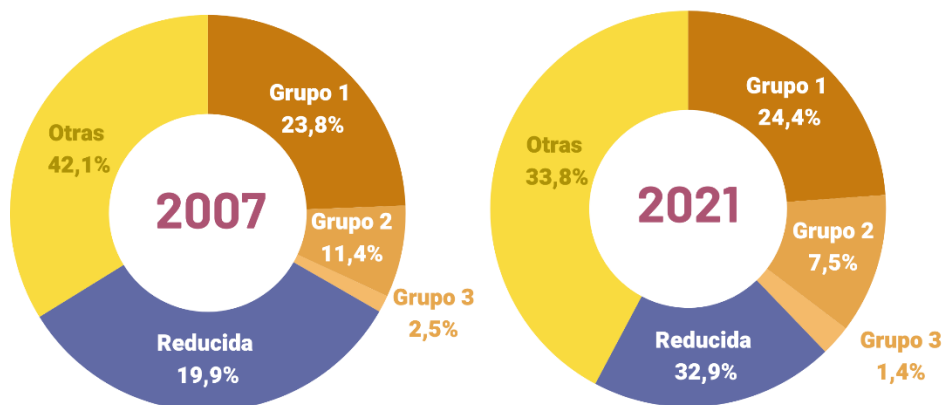


Figura 7. Distribución del tipo de instalaciones recogidas en el Real Decreto 306/2020.

Fuente: elaboración propia con datos del Informe del sector de la carne de cerdo en cifras, 2021 (MAPA, 2021a).

En España la tendencia a tener instalaciones de cerdos cada vez más grandes se debe a dos motivos fundamentalmente:

- En primer lugar, a la gran expansión del mercado porcino en el extranjero. Desde 2013-2014 se ha observado cómo la cantidad de productos cárnicos porcinos exportados al exterior se ha ido incrementando de forma continua, llegando a exportarse casi tres veces más carne en 2021 que en 2007 (Figura 7).
- Por otro lado, a partir del 2013 las nuevas granjas que se construían tenían que adaptarse a los requisitos de bienestar animal europeo. En diciembre de 2008 se aprobó la [Directiva 2008/120/CE](#), relativa a las normas mínimas para la protección de cerdos, pero en España no se aplicó hasta la entrada en vigor del [Real Decreto 1392/2012](#), de 5 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos. Los ganaderos indican que, debido a las nuevas obligaciones sobre bienestar animal, principalmente las relativas a los requisitos de espacio y prevención de enfermedades, las granjas deben tener una alta capacidad para producir carne para poder obtener una rentabilidad que les permita mantener el negocio.



Toneladas de carne porcina exportadas por España

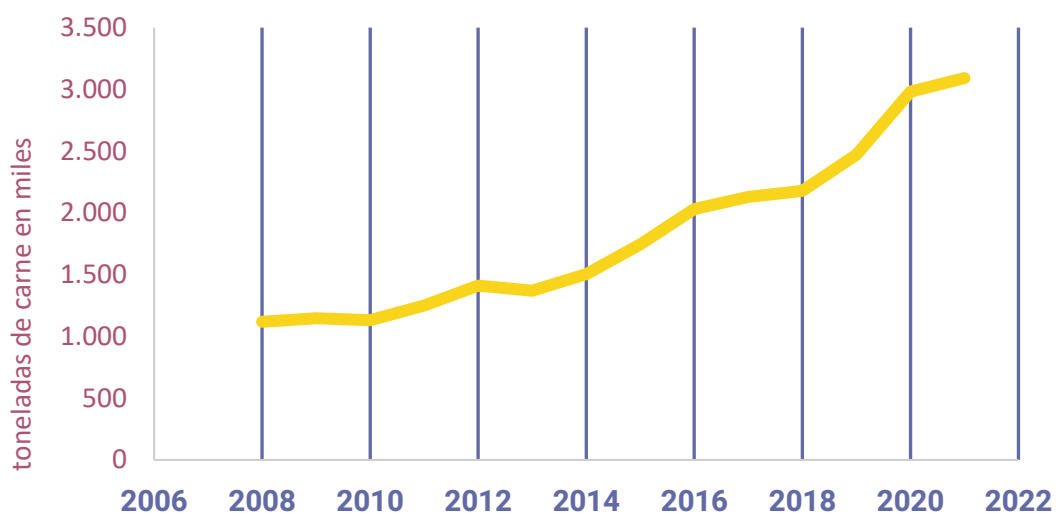


Figura 8. Envíos al extranjero de toneladas de carne de cerdo desde España.
Fuente: elaboración propia con datos del Informe del sector de la carne de cerdo en cifras, 2021 (MAPA, 2021a).

Esta tendencia en la variación del tamaño de las instalaciones porcinas no solo refleja cambios en la cantidad de individuos que alberga una granja, sino que también provoca cambios en la explotación de los cerdos y en la presión ambiental de los territorios donde se ubican.

La explotación porcina ha sufrido una evolución desde la ganadería extensiva, en la que los cerdos disponen de grandes superficies de terreno, hacia la ganadería industrializada. A continuación, puede encontrarse un resumen de los diferentes tipos de explotaciones porcinas que existen actualmente en España:



Comparativa de explotaciones porcinas

Espacio y movilidad

Libertad



Superficies de terreno infinitas para movilidad de animales

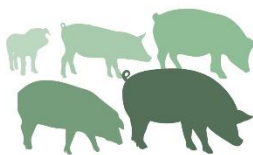


Alimentación silvestre

Asimilación natural en el suelo.
Equilibrio con el entorno



40-60 días



10-15 años

Selección natural



Alimentación

Ganadería extensiva



Grandes superficies de terreno para movilidad de animales



Alimentación complementada con pastos y bellotas

Asimilación natural en el suelo.
Equilibrio con el entorno



41 días



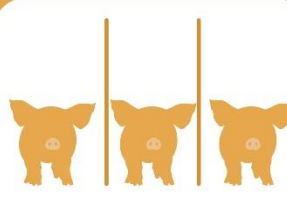
1 año



Veterinarios y curas



Ganadería intensiva



Espacios estabulados



Dieta basada en piensos

Recogida en estado sólido y uso como estiércoles.
Compatible con el entorno, con control de presiones



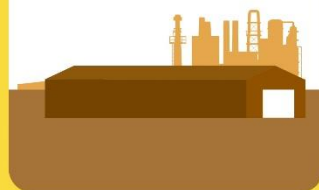
20-25 días



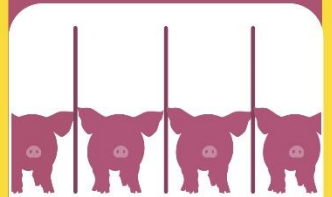
8-10 meses



Antibióticos junto a la alimentación



Ganadería industrial



Estabulado completo, reducción significativa del espacio



Dieta basada en piensos

Recogida en estado líquido (purín)
No en equilibrio con el entorno. Riesgos ambientales y de salud



20-25 días



8-10 meses



Antibióticos junto a la alimentación

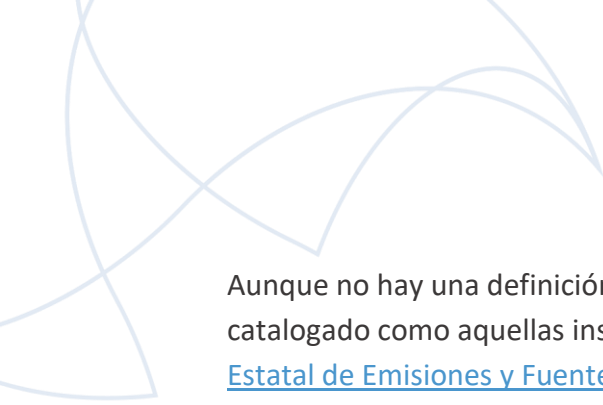


Desperdicio

Lactancia

Periodo de vida

Antibióticos



Aunque no hay una definición legal de macrogranjas, tradicionalmente se ha catalogado como aquellas instalaciones que tienen que declararse en el [Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes \(PRTR\)](#). Esto implica que solo engloba a aquellas explotaciones con alto nivel de tecnificación y elevado impacto ambiental. Según las categorías del RD 306/2020, de 11 de febrero anteriormente mencionado, se trataría de granjas del grupo tercero y parte de las del grupo segundo, ya que hablamos de instalaciones con capacidad para más de 2.000 cerdos de más de 30 kg.

En España hay más de 3.700 explotaciones ganaderas que se han declarado instalaciones industriales (o macrogranjas en un término más coloquial) ([PRTR](#)). Sin embargo, tal y como se veía en la distribución de cerdos a lo largo del territorio, la ubicación de estas granjas tampoco es homogénea y encontramos zonas con una mayor acogida de este tipo de instalaciones. De manera análoga, respecto a la distribución del número de cerdos, Cataluña está en el primer puesto con un 30% de las instalaciones, seguida de Aragón con un 28% y de Castilla y León con un 16%. Pero, esta distribución no solo muestra la diferencia entre comunidades, sino que también resalta la ubicación de estas instalaciones. Como se puede ver en la Figura 9, las macrogranjas tienden a ubicarse en zonas muy próximas entre sí, acentuando y acrecentando los problemas ambientales que pueden provocar.

Además, la ubicación de estas macrogranjas suele coincidir con espacios rurales en los que se está perdiendo cada vez más población y, por tanto, tienen un bajo número de residentes. Debido a la falta de población de esta parte de la España vaciada, la escasez de infraestructuras y los problemas en la comunicación, muchas veces el seguimiento y control de las medidas correctivas y preventivas de estas instalaciones no se lleva a cabo o si se realiza, no se hace con la periodicidad adecuada, según la plataforma [Stop Ganadería Industrial](#).



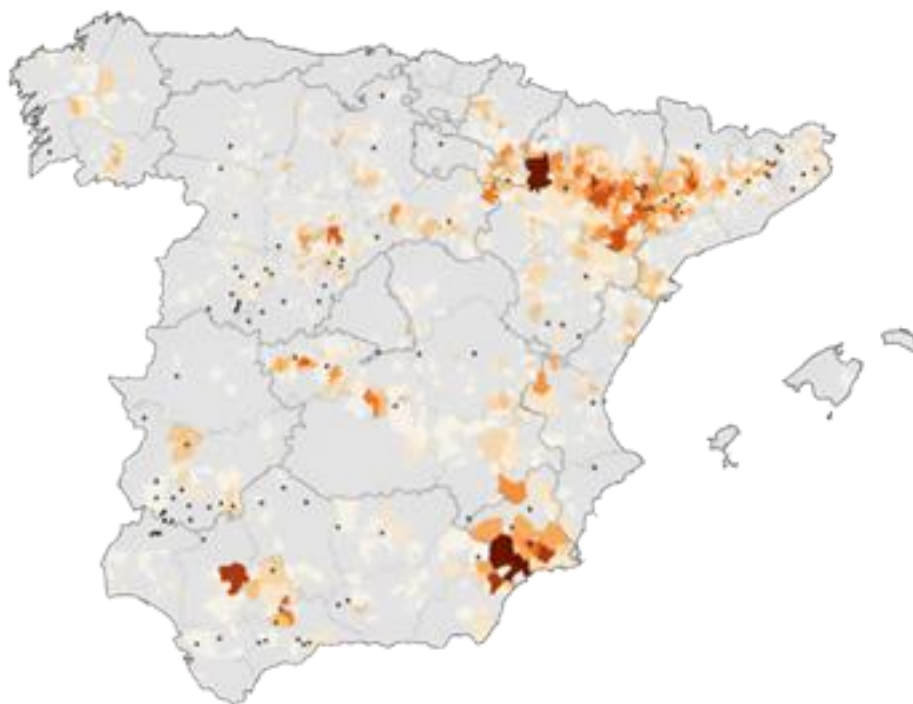


Figura 9. Distribución a lo largo del territorio de las instalaciones de macrogranjas recogidas en el PRTR.
 Fuente: [DATADISTA](#).

Para poder entender la gravedad del problema de las macrogranjas en nuestro país y el impacto que tienen, en el siguiente bloque se tratarán todas las repercusiones ambientales y sobre la salud humana que pueden provocar estas instalaciones. También será necesario conocer cómo se regulan las instalaciones ganaderas intensivas, qué obligaciones deben cumplir, qué limitaciones o consideraciones legales deben de tener en cuenta y, sobre todo, cuál es la capacidad legislativa de los municipios para poder frenar la ubicación de estas instalaciones si sus habitantes están en contra de su instalación. Una vez analizado el marco legislativo, recogemos ejemplos en los que una macrogranja alteró su entorno, provocando daños sobre la salud y el medio ambiente, pero enfocándonos sobre todo en entender las causas y motivos que provocaron que el riesgo se materializase en daño. Posteriormente, se expondrán una serie de recomendaciones prácticas para prevenir el impacto ambiental de estas instalaciones que pueden ser de gran utilidad. Por último, se explicará un sistema de gestión y tratamiento de purines diferente al convencional, que permita no solo reducir los riesgos de la gestión, sino también recuperar recursos en el proceso.



Capítulo 2. Impacto ambiental de las macrogranjas y su importancia

Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Capítulo 2. Impacto ambiental de las macrogranjas y su importancia

Como se ha explicado anteriormente, las macrogranjas presentan algunas características que las hace distintas del resto de instalaciones ganaderas y, por lo tanto, provocan efectos diferentes en su entorno. Las granjas industriales concentran en poco espacio a un gran número de cerdos, por lo que la presión sobre los recursos y la gravedad de sus impactos son mayores que si esta misma cantidad de cerdos se encontrase distribuida en una mayor extensión. Es decir, con la fórmula de las macrogranjas lo que se intenta es que una reducida cantidad de terreno asuma una gran carga ganadera. Por otro lado, el principal residuo obtenido en estas instalaciones es el purín. Una corriente líquida formada por las deposiciones de los animales y las aguas de lavado, principalmente. Esta corriente presenta mayores riesgos y costes en su gestión que el estiércol, debido a su naturaleza líquida.

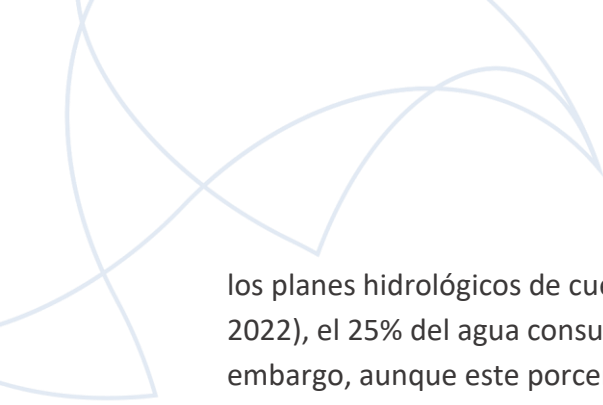
A lo largo de este apartado se analizarán los daños ambientales, tanto locales como globales, que pueden provocar sobre diferentes medios receptores como el agua, la tierra o el aire (analizando su aportación al cambio climático). Estos daños ambientales tendrán repercusión sobre la calidad de vida y la salud de las personas afectadas que también se analizarán. Por otro lado, se abordarán los problemas sociales y de salud que puede provocar la presencia de estas instalaciones en el entorno de un municipio y su posible relación con la aceleración del éxodo rural o con las pandemias, por ejemplo. Por último, y no menos importante, nos centraremos en el bienestar del cerdo en estas instalaciones.

Daños ambientales y sus efectos

Impacto hídrico

En una situación de emergencia climática como la que vivimos, en la que las sequías son más frecuentes, junto a un cambio en el régimen de precipitaciones, debemos prestar especial atención a toda aquella actividad humana que pueda afectar a los recursos hídricos. Aunque la primera imagen que se nos viene a la cabeza cuando hablamos de recursos hídricos son los embalses y ríos, no hay que olvidar el importante papel que tienen los acuíferos en el abastecimiento de agua para consumo y a nivel ambiental. Los acuíferos permiten un gran almacenamiento de agua, prácticamente no se ven afectados por las altas temperaturas y la evaporación y suelen abarcar grandes extensiones. Es por ello que su existencia es esencial para el mantenimiento de ríos, ecosistemas acuáticos y humedales, pero también son una fuente de agua para el consumo humano ya que, según el Informe de seguimiento de





los planes hidrológicos de cuenca y de los recursos hídricos en España de 2021 (MAPA, 2022), el 25% del agua consumida durante el 2021 provino de diferentes acuíferos. Sin embargo, aunque este porcentaje no pueda parecer elevado, hay que entender que estas masas de agua subterránea tienen un gran valor y deberían ser un recurso clave con una gestión especial.

Tradicionalmente, la gestión hídrica se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la cantidad de recursos de agua superficial disponible en una cuenca hidrográfica. Pero, con el incremento de la extensión de campos de cultivos y la aglomeración urbana e industrial en algunos puntos, la demanda hídrica no puede verse satisfecha únicamente por el agua superficial y se debe recurrir a la explotación del agua subterránea de forma continuada. A diferencia de las aguas superficiales, cuya cantidad y disponibilidad está muy ligada al régimen de precipitaciones y se puede controlar su disponibilidad mediante embalses, el agua subterránea presenta otros mecanismos para su regulación. Los acuíferos son formaciones geológicas formadas por rocas impermeables (Figura 10 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Durante las precipitaciones, parte del agua de lluvia llegará a los ríos en forma de escorrentía, pero otra parte se infiltrará a través de las capas permeables del suelo, hasta llegar al acuífero. Es decir, es necesario un proceso de recarga del agua que no es inmediato y dependerá de la cantidad de precipitaciones y de cuánta agua fluya como escorrentía. Por otro lado, hay una parte del agua de los acuíferos que se considera “*agua fósil*” debido a que lleva alojada una gran cantidad de tiempo en el acuífero y no tiene renovación o es muy lenta. Estos acuíferos se denominan “confinados o cautivos” ya que son yacimientos de agua subterránea que en el pasado se nutrían por el agua de precipitación, pero que o por eventos geológicos o por cambios en la composición del suelo, el agua se ve encerrada entre dos capas impermeables. Esto es importante aclararlo para tener en cuenta que no toda el agua de los acuíferos es renovable y que los que sí renuevan el agua, tienen sus propios ritmos y su propia capacidad. Es decir, no son una fuente ilimitada de agua.



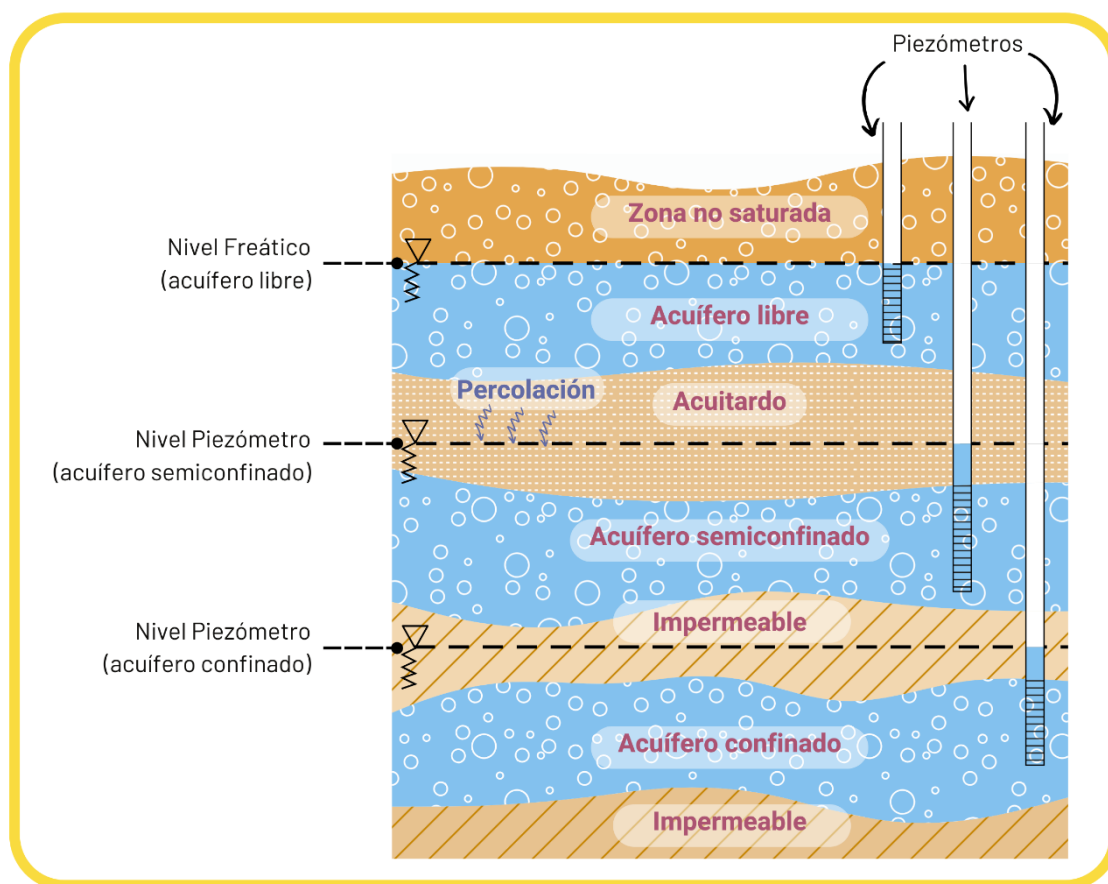


Figura 10. Diferentes tipos de acuíferos según la permeabilidad del material geológico que los contiene.
Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura 10, la demanda de agua de los acuíferos actualmente es superior a su velocidad de recarga. Por este motivo el 24% de los acuíferos de España ha disminuido la altura del nivel piezométrico (una medida que vendría a representar la altura del agua en estas reservas). Los casos más destacados son los de la Cuenca del Guadiana, del Guadalquivir y del Segura y Júcar que reúnen 112 del total de 127 masas que presentan este impacto. Es por ello por lo que, en un escenario de cambio climático en el que las precipitaciones se van a concentrar y serán más frecuentes los periodos de sequía, se debería plantear una mejor gestión hídrica que permita preservar el agua de los acuíferos para poder hacer frente a esos periodos en los que las precipitaciones escaseen (La sequía en España, Directrices para minimizar su impacto). Teniendo en cuenta el gran valor de este recurso y la demanda que hacemos de él, el Plan de Acción de Aguas Subterráneas (2023-2030) (MAPA, 2023) recoge diferentes cambios en el marco normativo y la gobernanza del agua para mejorar la explotación del recurso, como racionalizar los usos privados, una regulación de la construcción, la clausura y sellado de pozos o la actualización de la normativa e implantación de medidas de refuerzo de la protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación puntual y difusa. Estos avances normativos son



necesarios porque actualmente existe un importante descontrol sobre la explotación de los recursos y abundan los pozos ilegales, dificultando la previsión a largo plazo de los daños ambientales y su prevención (por ejemplo, [Las Tablas de Daimiel](#) llevan años en proceso de retroceso debido a la explotación ilegal de acuíferos, entre otros factores).

Porcentaje de masas de aguas subterráneas por demarcación hidrográfica que presentan impacto por el descenso piezométrico por extracciones

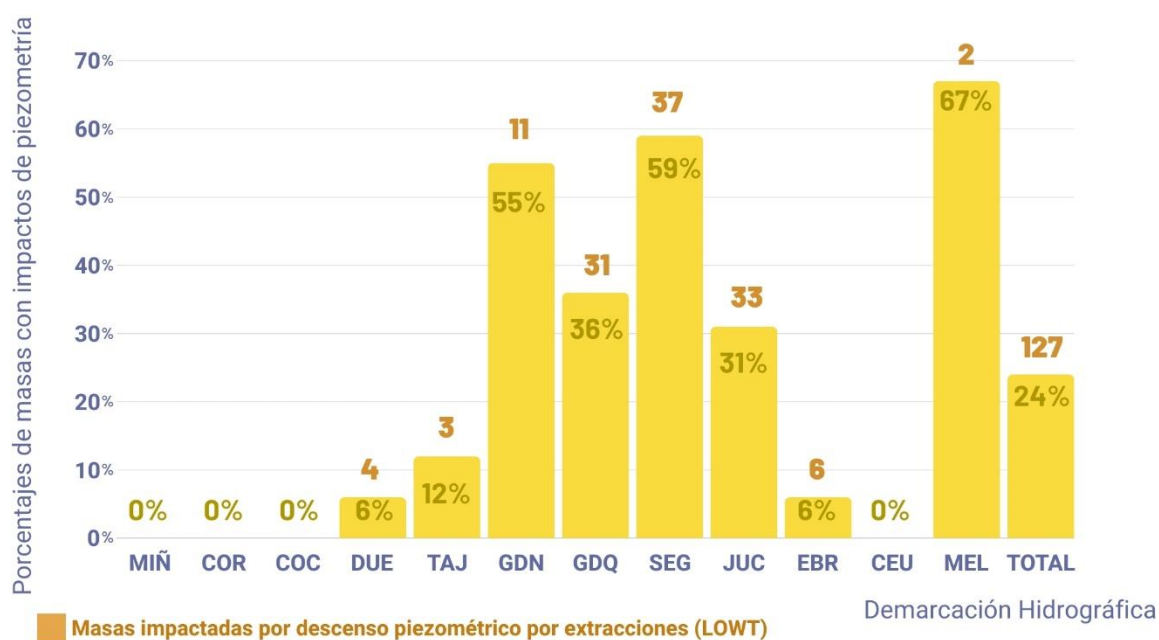


Figura 11. Proporción de aguas subterráneas afectadas por extracción excesiva en cuencas hidrográficas. Fuente: [Planes Hidrológicos de las Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias para el ciclo 2022-2027](#).

No solo es preocupante la disponibilidad o cantidad de agua subterránea en la actualidad y su proyección en un futuro, sino que también es importante asegurar una buena calidad para que pueda ser empleada como recurso. Por este motivo en 2009 se transpuso en el [Real Decreto 1514/2009](#) la Directiva Europa que regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. En este RD se recogen los procedimientos para el seguimiento de las masas de agua subterráneas, así como los parámetros de control, entre otras cuestiones. En la lista de contaminantes o indicadores aparecen algunos metales pesados (cadmio, plomo o mercurio), la conductividad del agua y los cloruros (como indicadores de que la explotación de un acuífero ha sido tan intensa que el agua de mar haya podido penetrar dentro de la masa de agua subterránea). En este proyecto nos centraremos en el nitrato (NO_3), que tiene un valor umbral de 50mg/L, por encima del cual se considera que el acuífero o la masa de agua subterránea está contaminada.



La contaminación por nitratos del agua subterránea tiene principalmente un componente agroganadero. Tal es la influencia de este sector sobre este contaminante que recientemente se ha actualizado la legislación que regula las actividades agrícolas y ganaderas con relación al nitrato ([Real Decreto 47/2022](#)). Uno de los motivos para actualizar este Real Decreto ha sido el incremento preocupante de zonas vulnerables a nitratos. Las zonas vulnerables son aquellas que están expuestas a ser contaminadas por nitratos o ya presentan niveles elevados de este contaminante. En este caso, se fija el umbral de 35 mg/L de NO₃ para declarar una zona como vulnerable. Como se muestra en la Figura 12, la extensión de zonas vulnerables se ha incrementado desde 2008 hasta 2021, por lo que fue necesario modificar la protección de estas aguas para que fuera más efectiva.

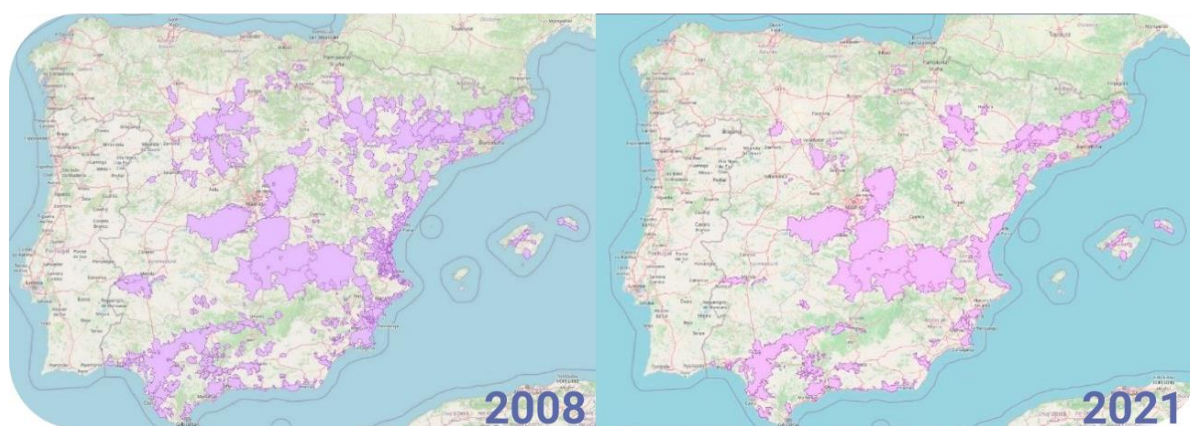
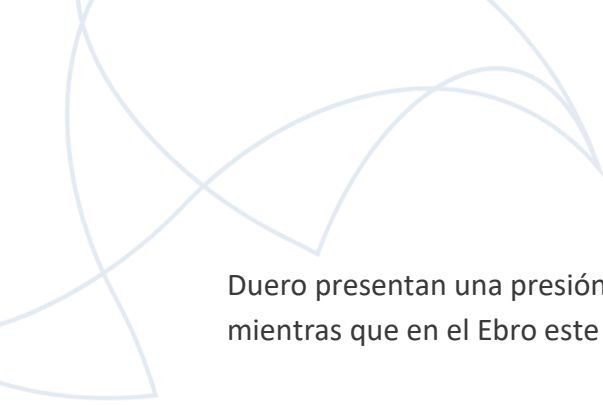


Figura 12. Evolución de las zonas declaradas vulnerables a nitratos de 2008 (mapa de la izquierda) y 2021 (mapa de la derecha).

Fuente: [Catálogo de metadatos del MAPA](#).

Tal y como se observa en los mapas, las zonas vulnerables han ido ampliándose desde hace años y se estima que para 2024 habrán incrementado su extensión en un 50%, a pesar de la aplicación de este nuevo Real Decreto (Plan de Acción de Aguas Subterráneas (2023-2030) (MAPA, 2023). Actualmente, casi la mitad de las masas de aguas subterráneas se encuentran con niveles de nitratos superiores a 25 mg/l, es decir, cerca de declararse zonas vulnerables (si no lo son ya). Observando la evolución, podemos afirmar que las cuencas hidrográficas del Duero (en Castilla y León, principalmente) y la del Ebro (Aragón y Cataluña), han sido las más afectadas en cuanto al incremento en la contaminación por nitratos. Los planes hidrológicos de estas cuencas explican su elevada presencia por la contaminación difusa de los excedentes de fertilizantes químicos y el aporte de elementos nitrogenados en forma de estiércol o purín por una mala gestión. Es tal el grado de deterioro de las masas de agua subterránea de estas zonas que el 60% de las masas de aguas subterráneas del





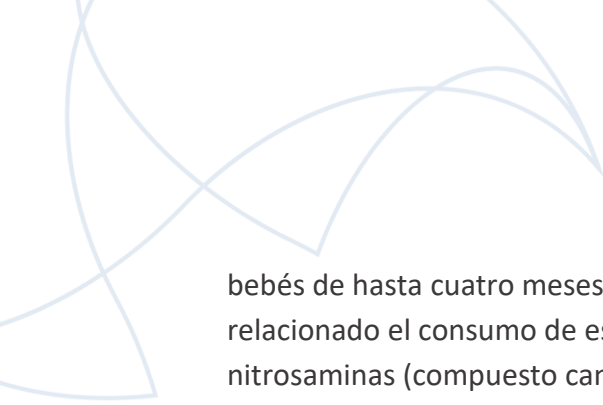
Duero presentan una presión potencialmente significativa por fuentes difusas, mientras que en el Ebro este valor llega al 95%.

Si tenemos en cuenta los análisis realizados en los planes hidrográficos de las cuencas, los datos de distribución ganadera y el continuo crecimiento del censo de cerdos en estas tres comunidades autónomas, podemos llegar a la conclusión de que las macrogranjas afectan de forma clara a la calidad de los acuíferos, aportando una elevada concentración de nitratos que pone a estas masas de agua subterránea en una situación de vulnerabilidad o incluso de contaminación (más adelante se explicará con detalle cómo estas instalaciones llegan a afectar a las masas de agua subterránea). Pero, también tienen un efecto sobre la cantidad de agua disponible para consumo humano a nivel local.

Frecuentemente aparecen noticias sobre que los vecinos de un pequeño municipio protestan contra la instalación de una macrogranja en su localidad debido al elevado consumo de agua que la instalación industrial requiere. Los vecinos alegan, principalmente, que recientemente están sufriendo sequías más intensas (debido a la situación de cambio climático) y que la instalación de estas granjas industriales solo agravaría su situación de desabastecimiento en esos episodios, ya sea por la explotación de acuíferos que impidan la recarga de los ríos o porque vayan mermando las reservas de agua subterráneas. Por ejemplo, en [El Frago](#) (Zaragoza), los vecinos están en contra de una macrogranja que demanda 6 veces el agua que requiere todo el municipio. En una situación similar se encuentran los vecinos de [Carbajales de Alba](#) (Zamora), [Sequera del Fresno](#) (Segovia) o [Solera](#) (Jaén), entre otros muchos ejemplos a lo largo del país.

Pero, las protestas no solo están orientadas hacia la disponibilidad en términos absolutos del agua como recurso, sino también a la disponibilidad de un agua de calidad y apta para el consumo. El NO_3 y su forma reducida, el nitrito (NO_2), son compuestos tóxicos para el ser humano, motivo por el cual su concentración está regulada, y por encima de un valor de 50 mg/L se considera que el agua está contaminada y no es apta para el consumo. La principal y más constatada enfermedad provocada por la ingesta de elevadas concentraciones de NO_3 - NO_2 es el síndrome del “bebé azul”. Cuando las concentraciones de estos compuestos son altas, la hemoglobina, el compuesto encargado de transportar al oxígeno por nuestro torrente sanguíneo, se encuentra oxidado en su forma metahemoglobina. Esta forma oxidada tiene muy poca capacidad para transportar el oxígeno por nuestro cuerpo, por lo que aparecen síntomas propios de la asfixia, como cianosis, taquicardia, convulsiones e incluso la muerte. El síndrome lleva este nombre porque afecta principalmente a





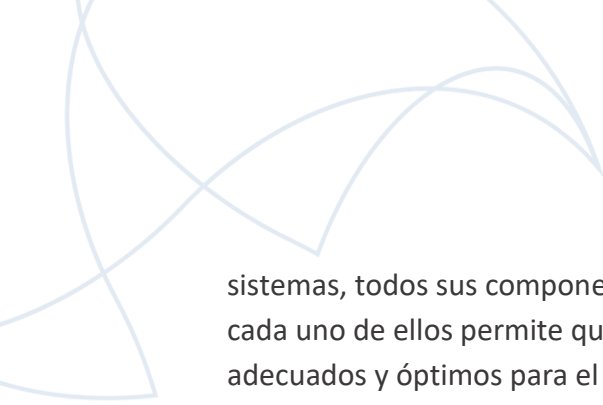
bebés de hasta cuatro meses ((Wolfe & Patz, 2002) y (Fwetrell, 2004)). También se ha relacionado el consumo de estos compuestos nitrogenados con la ingesta de nitrosaminas (compuesto cancerígeno), la aparición de linfomas enfermedades coronarias, infecciones del tracto respiratorio y malformaciones en los recién nacidos (Camargo & Alonso, 2006) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6068531/> (Ward et al., 2018). Por último, la presencia de NO₃ y NO₂ provocan cambios en los ecosistemas acuáticos (se explicarán con detalle a continuación) que pueden motivar la proliferación de algas tóxicas, dar lugar a trastornos fisiológicos como náuseas, vómitos, diarrea, gastroenteritis, neumonía, dolores musculares, entre otros y diversos síntomas de intoxicación (Busse et al., 2006) y la aparición de organismos transmisores o causantes de enfermedades infecciosas como malaria, encefalitis y cólera.

Dados estos riesgos y daños en la salud, algunas masas de agua del país se catalogan como no aptas para el consumo. En algunas zonas y comarcas señalan la presencia de macrogranjas en sus municipios como foco de esta contaminación. Es el caso de [Torrejuncillo del Rey \(Cuenca\)](#), donde el Tribunal Superior de Justicia de Castilla-La Mancha confirmó que el origen de la contaminación del agua que abastecía a este pueblo provenía de una macrogranja. Este malestar por la contaminación de las aguas se extiende a lo largo del país. En al menos 15 pueblos de [Albacete](#) el agua ha dejado de ser potable por estos motivos, así como en [Barcial del Barco \(Zamora\)](#), en [Banastás \(Huesca\)](#) llevan años sin agua potable ya que la concentración de NO₃ ha llegado a alcanzar recientemente 140 mg/L (recordamos que el límite legal está en 50 mg/L para que sea agua de consumo) .De forma general, la mayoría de los pueblos que se ven afectados por NO₃ en sus aguas lo achacan a la presencia de macrogranjas en su entorno ([20 Minutos](#)).

Los organismos acuáticos (peces y anfibios) que emplean hemoglobina para el transporte de oxígeno también pueden sufrir de metahemoglobinemia y en anfibios, concretamente, se han observado efectos sobre su habilidad para nadar, descenso del tamaño corporal y reducción de la fecundidad y supervivencia de ciertas especies (Camargo & Alonso, 2006). Sin embargo, a pesar de que estos efectos son nefastos para la vida de los organismos acuáticos, existe un daño mayor provocado por la presencia de estos compuestos nitrogenados que no solo afecta a la salud de estos organismos, sino a toda la estructura ecológica de la masa de agua, la **eutrofización**.

La eutrofización es un proceso de cambios ecológicos en un ecosistema acuático debido a un alto aporte de nutrientes que conlleva un deterioro de la calidad del agua y su valor ecológico. Los sistemas acuáticos normalmente presentan un equilibrio para poder mantener de forma sostenible la vida en estas masas de aguas. Como en otros





sistemas, todos sus componentes están íntimamente ligados y la buena situación de cada uno de ellos permite que el resto también se encuentren dentro de valores adecuados y óptimos para el mantenimiento del ecosistema. Entre estos parámetros podemos destacar:

- La cantidad de nutrientes que recibe el ecosistema.
- El crecimiento de los productores primarios (fitoplancton, algas y plantas de mayor tamaño).
- El gradiente de oxígeno desde la superficie al fondo.
- La penetración de la luz hasta las capas más bajas.
- La actividad de las bacterias encargadas de degradar la materia orgánica muerta mediante el consumo de oxígeno.

En un ecosistema no degradado todas estas variables se mantienen dentro de unos intervalos que permiten el correcto funcionamiento del ecosistema.

Pero, cuando la cantidad de nutrientes aportados a un ecosistema es superior al que normalmente recibe (pudiendo deberse a la infiltración de purines con elevada concentración de NO_3), rápidamente comienzan a producirse una serie de cambios en cascada que transforman la comunidad ecológica que había previamente (Figura 13) El exceso de nutrientes conlleva una proliferación de los productores primarios. Uno de los primeros efectos que se pueden observar son cambios en la coloración del agua si la eutrofización viene provocada por algas y fitoplancton, debido a que los productores primarios crecen rápidamente ocupando toda la lámina de agua y evitando que la luz penetre en capas más profundas. Como se ha comentado anteriormente, el incremento de algas puede provocar el incremento de toxinas producidas por estos organismos, repercutiendo en la salud del resto organismos. Aunque pareciera que un incremento de productores primarios tendría que conllevar un incremento de oxígeno en la columna de agua, el efecto es completamente el opuesto, porque se incrementa la cantidad de biomasa y cuando esta muere y va al fondo, la actividad de las bacterias encargadas de degradar esta materia orgánica ahora es mucho mayor, llegando a consumir todo el oxígeno de algunas (o todas) las capas del agua. Esto provoca que existan zonas anóxicas, sin oxígeno, donde no puedan desarrollar su vida los organismos que anteriormente habitaban estas zonas. Todos estos cambios conllevan una pérdida de biodiversidad ya que estas floraciones suelen estar copadas por una (o una cantidad reducida) de especies vegetales, provocando el desplazamiento de los otros productores primarios. Además, el resto de las capas de la masa de agua podrán albergar una cantidad más limitada de organismos (debido a la ausencia de oxígeno), por lo que solo aquellos organismos que puedan competir mejor en estas condiciones



podrán estar presentes. Estos cambios se pueden observar tanto en organismos como el fitoplancton y el zooplancton, como en otros de mayor envergadura como invertebrados, peces o anfibios.

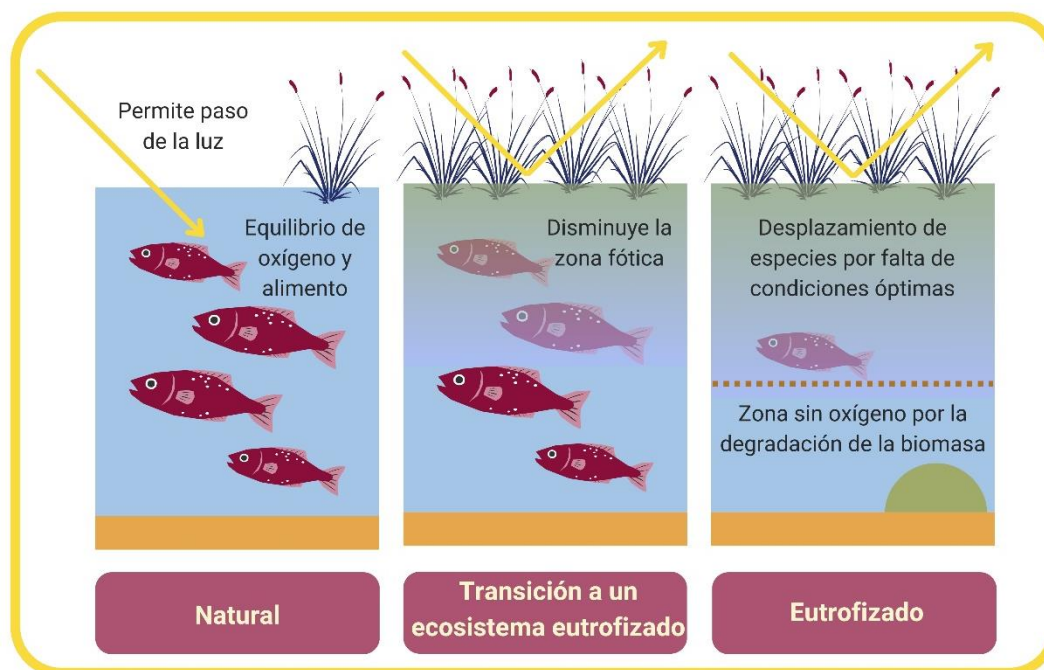


Figura 13. Evolución de un ecosistema ecológico natural hacia uno eutrofizado.
Fuente: elaboración propia.

Para revertir de forma natural los daños provocados por el exceso de nutrientes en un ecosistema es necesario mucho tiempo una vez que cese el aporte de nutrientes, porque será necesario que los productores primarios cesen en su crecimiento incontrolado, que posteriormente las bacterias consuman todo el exceso de biomasa producida y finalmente, poco a poco, que las especies vegetales se adapten a las nuevas condiciones (similares a las iniciales), aportar oxígeno a la masa de agua y esperar la colonización de las especies que habían sido desplazadas.

Este proceso tiene lugar en las masas de aguas superficiales y suele estar asociado a procesos agroganaderos, principalmente por infiltración de purines, exceso de su aplicación en la agricultura y uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. Uno de los casos más graves es el ocurrido en el [embalse de Val](#), en la Cuenca del Ebro, donde la mala gestión de las aguas residuales urbanas y el aporte de nutrientes de la carga ganadera (estos últimos aportan el 40% de los nutrientes que llegan al embalse) han provocado que los niveles de contaminación del embalse sean elevados, siendo la masa de agua más contaminada de toda la Cuenca.



Impacto atmosférico

Los efectos de las macrogranjas no solo se observan en el agua, sino que también afectan a la calidad del aire local y tienen un impacto atmosférico global. Desde un punto de vista más amplio veremos cómo las macrogranjas participan como agente precursor del cambio climático.

Emisiones de metano (CH₄)

Por todos es sabido que actualmente estamos en un periodo de emergencia climática debido a la tendencia de crecimiento de las temperaturas medias del planeta. Ya desde 1997, mediante el Protocolo de Kioto, se avisaba de la necesidad de controlar y reducir nuestras emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y 36 países se adhirieron al compromiso de limitar las emisiones de estos gases ([ONU](#)). Aunque el principal gas del que estamos más acostumbrados a escuchar noticias es el CO₂, también se recogen otros como el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) o los hidrofluorocarbonos (HFC), entre otros. De hecho, aunque el CO₂ es más importante en cantidad que el resto de los gases, el CH₄ tiene un potencial de efecto invernadero 80 veces superior al CO₂, por lo que conviene prestarle también especial atención.

Se están llevando a cabo esfuerzos a nivel político para trasladar la preocupación ciudadana por el clima a las políticas y la legislación, como el [Pacto Verde Europeo](#), que reúne un conjunto de medidas que adoptar en nuestras ciudades para acercarnos a los objetivos de emisión de GEI europeos (para un desarrollo más extenso de la aplicación de este acuerdo europeo, se recomienda consultar el documento "[El Pacto Verde Europeo se hace local](#)" (Fundación Renovables, 2022). Este trabajo no solo se está haciendo en torno al CO₂ como principal gas de efecto invernadero, sino que también tiene en cuenta al resto de gases responsables. A finales de 2022 los Estados miembros de la Unión Europea acordaron nuevas normas para [reducir las emisiones de metano](#), ya que se considera que es el responsable del 30% del calentamiento global actual, siendo el sector agrícola el principal emisor, seguido de los sectores energéticos. A nivel global se ha calculado que el principal foco emisor de metano proviene de las fugas en los pozos de extracción de petróleo que no utilizan el método del quemado, ya que no hay ningún control ni registro durante su proceso de producción ([The Guardian](#)).

En España, la agricultura, en términos generales, es responsable del 14% del total de emisiones, según el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (2022). De este 14%, el 65% se debe a la ganadería, siendo el metano el principal gas que emite. A pesar de que la ganadería porcina no es la que mayor cantidad de metano produce por unidad de cabeza, el 40% de las emisiones de metano de nuestro



país en 2021 se debieron al sector porcino. Además, cabe destacar que, de todos los sectores que analiza este informe (industria, transporte, residuos, producción eléctrica...), este es el único que ha incrementado la cantidad de gases emitidos a la atmósfera. Es decir, nos aleja de cumplir los acuerdos pactados. Esta tendencia al incremento de emisiones se puede observar en el (Figura 14), en la que se ve como la cantidad de metano emitido por las instalaciones porcinas industriales han ido aumentando durante los últimos años, a la vez que ha incrementado su peso en el reparto de emisiones, dado que el resto de las actividades han tendido a disminuir sus emisiones.

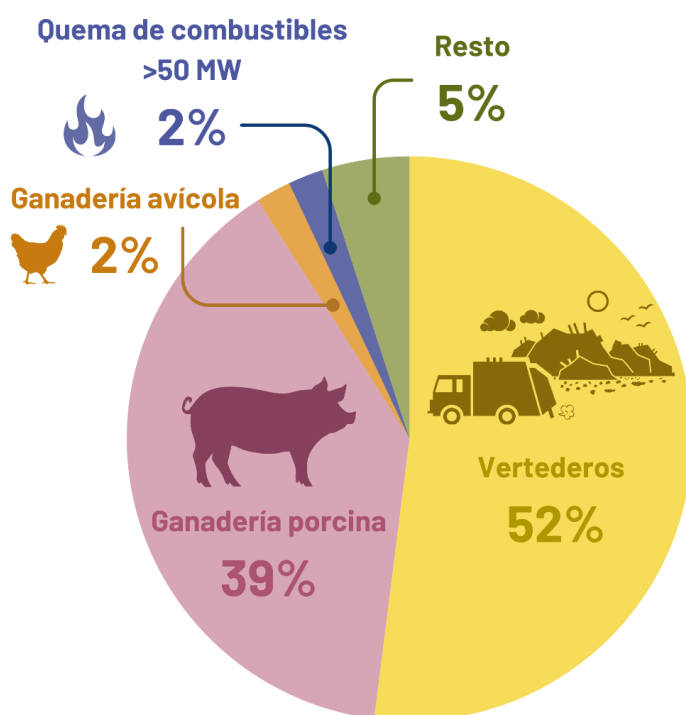


Figura 14. Distribución de las emisiones de metano según la actividad industrial.
Fuente: [PRTR](#).



Evolución de las emisiones de metano de las granjas industriales porcinas y su variación en la distribución

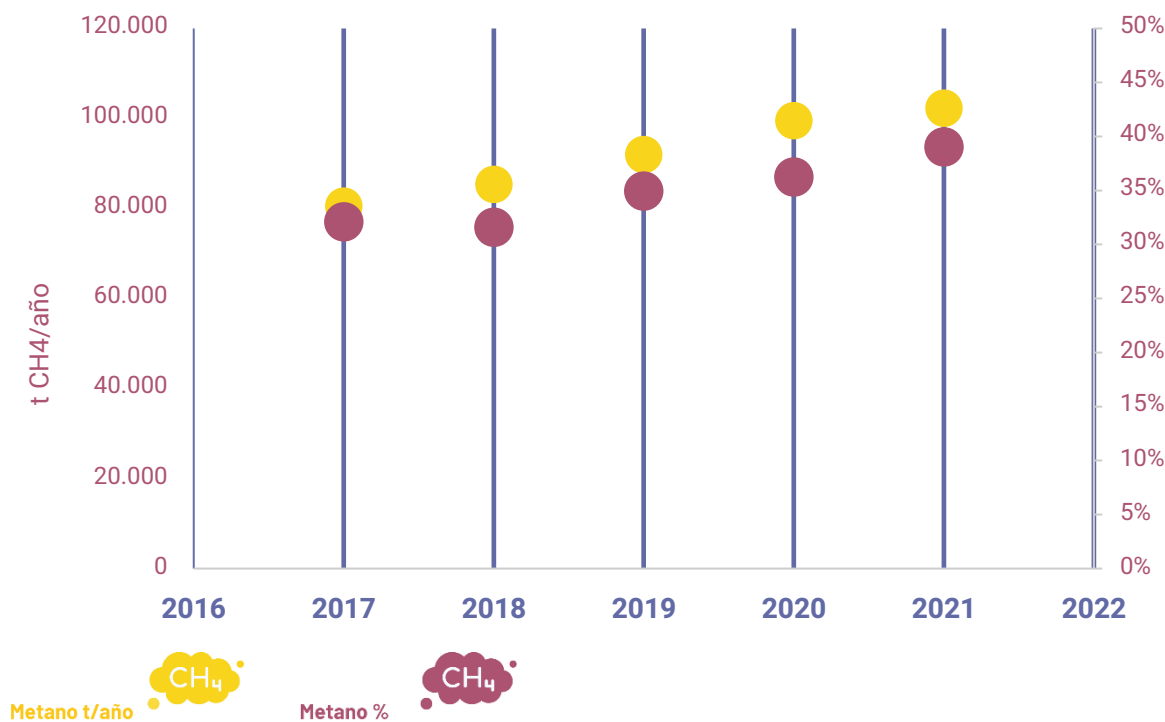


Figura 15. Tendencias en la liberación de metano en granjas porcinas industriales y sus cambios en la distribución.

Fuente: [PRTR](#).

La producción del metano (CH_4) está ligada a la fermentación anaerobia de los sustratos ingeridos por el cerdo, principalmente de la fibra (celulosa y lignina, entre otros), dado que el tracto digestivo del animal no lo puede asimilar (Franz, Soliva, Kreuzer, Hummel & Clauss, 2011). Como el cerdo no puede aprovechar esta fuente de energía, la población microbiana se encarga de ello fermentando estas fibras y dando lugar en el proceso a ácidos grasos volátiles (AGV) y algunos gases como el CO_2 y el CH_4 . Sin embargo, este proceso de fermentación también tiene lugar fuera del tracto animal y continúa en las deposiciones que tienen un alto período de almacenamiento.

Hay una gran variedad de fuentes bibliográficas respecto a cómo afectan diferentes factores a la producción de CH_4 en las granjas, como la alimentación, el alojamiento o la ventilación, entre otros. En el Capítulo 4, en el que proponemos mejoras para reducir los impactos ambientales de estas instalaciones, resumimos las conclusiones más importantes de estas investigaciones, así como las fuentes para que se puede ampliar esta información.



Emisiones de amoniaco

El amoniaco (NH_3) no es un gas considerado como precursor del efecto invernadero, pero sí está recogido como un contaminante atmosférico por ser altamente reactivo y favorecer la generación de partículas secundarias ([Real Decreto 102/2011](#)). También puede depositarse por vía húmeda en diferentes ecosistemas acuáticos provocando la acidificación de estos parajes.

La principal problemática de este gas es su capacidad para reaccionar con otros compuestos en la atmósfera y generar sustancias contaminantes más peligrosas, como interactuando con radicales libres en la atmósfera y formando N_2O (un gas de efecto de invernadero). También puede reaccionar con otros óxidos de nitrógeno o sulfuros procedentes de la combustión y generar partículas de menos de 2.5 micras de tamaño (PM 2,5). La gran peligrosidad de estas partículas es que por su pequeño tamaño puede entrar en nuestro sistema respiratorio y alcanzar los alveolos pulmonares, dificultando su excreción del cuerpo, y porque pueden estar formadas por sustancias muy nocivas que penetran en nuestro organismo ([Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico](#)). Tal es su riesgo que sus valores están regulados en el [Real Decreto 102/2011](#), en el que se indica valor máximo promedio anual al que la población puede estar expuesta. Mediante el [Real Decreto 818/2018](#) se fijan medidas para reducir las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, entre ellos el NH_3 . Se establece que para el 2030 se deberán reducir en un 5% las emisiones respecto al 2005 y en un 16% después del 2030.

Aunque de forma separada la producción de estas partículas PM 2,5 ya es de por sí problemática, cuando se combina con otros compuestos oxidantes fotoquímicos, como el NO_2 o el O_3 , da lugar a un problema mayor llamado “smog fotoquímico”. El smog fotoquímico es un episodio de contaminación que suele tener lugar en grandes áreas urbanas porque precisa de grandes niveles de contaminación por NO_x , principalmente, y estos suelen provenir de la combustión que se produce con el tráfico (Figura 16). Pero, también necesita de partículas de pequeño tamaño y estas, como ya se ha señalado, pueden haberse producido por el NH_3 generado en un entorno cercano. Al tratarse de una niebla compuesta por partículas finas que puedan alcanzar los alveolos pulmonares y de compuestos muy oxidantes, los efectos en la salud son perjudiciales, provocando problemas respiratorios principalmente, como asma, inflamación de las vías respiratorias, enfermedades cardíacas, estrés, favorecer la aparición de cáncer y además es un factor que contribuye a la muerte prematura.



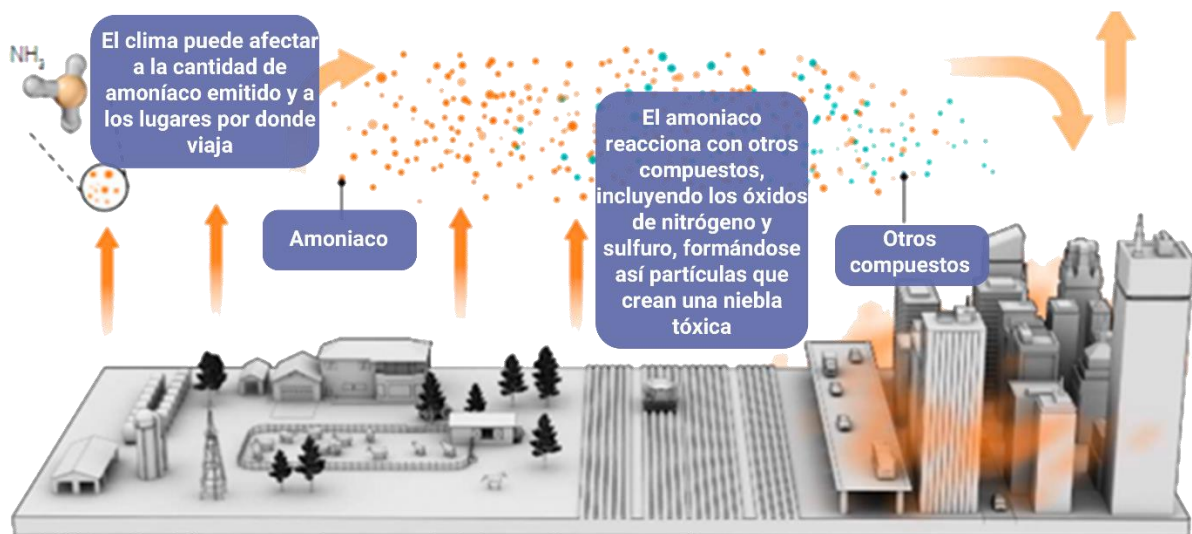


Figura 16. Proceso de formación del smog fotoquímico.

Fuente: [Science](#).

Estudios recientes han demostrado que limitar la emisión de NH_3 es el método más efectivo para controlar y reducir los niveles de $\text{PM}_{2.5}$, ya que se considera su principal precursor ([Science](#)). Por este motivo, es interesante analizar la contribución del sector porcino en la emisión de NH_3 . Según los datos extraídos del [PRTR](#), en 2021, casi el 75% del NH_3 emitido a la atmosfera, de fuentes registradas, provenía de la ganadería porcina industrial (Figura 17). Este valor se ha ido manteniendo constante durante los últimos años, siendo el responsable del 68-75% de las emisiones desde 2016 (con un valor promedio de 42.308 toneladas de NH_3 /año).

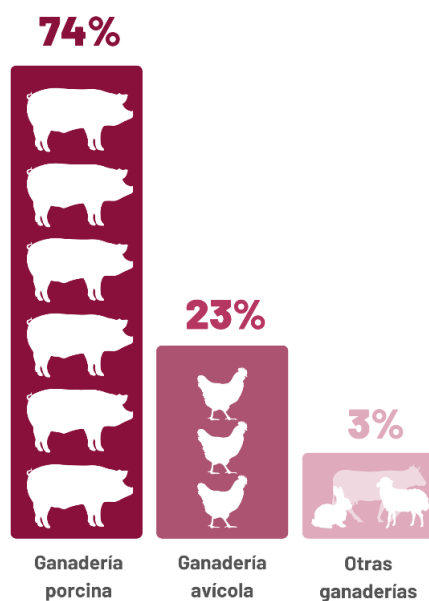
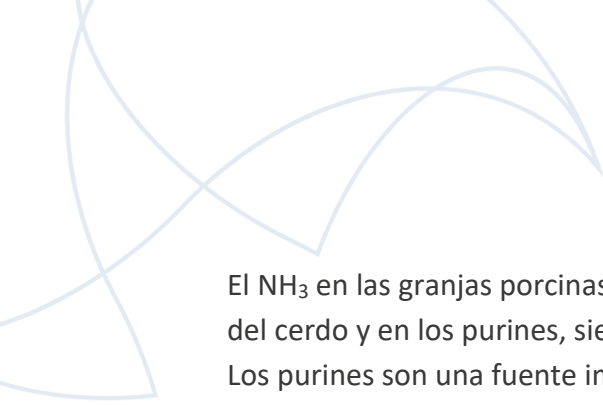


Figura 17. Distribución de las emisiones de metano según la actividad industrial.

Fuente: [PRTR](#).





El NH_3 en las granjas porcinas se encuentra de dos formas: en las excreciones sólidas del cerdo y en los purines, siendo esta corriente líquida la que más amoníaco contiene. Los purines son una fuente importante de NH_3 ya que están formados principalmente por urea, un compuesto nitrogenado que, por la actividad enzimática de diferentes bacterias, produce NH_3 . El amoníaco es un compuesto muy volátil, es decir, su origen tiene lugar en el medio líquido, el purín, pero inmediatamente pasa a una forma gaseosa. De forma general se considera que en torno al 8% del nitrógeno consumido por el cerdo pasará a ser NH_3 (Dourmad et al., 1999) pero, en función de las etapas este porcentaje puede ser mayor; por ejemplo, en cerdas en gestación este valor se incrementa hasta el 20% (Philippe, Cabaraux, & Nicks, 2011). Otro aspecto muy importante es el adecuado manejo de estos purines, ya que se estima que el 50% de las emisiones tiene lugar en el almacenamiento y el otro 50% en su aplicación como fertilizante (Aarnink & Verstegen, 2007), mientras que otros autores también señalan el alojamiento del cerdo como una fuente emisora de NH_3 (Botermans, Gustafsson, Jeppsson, Brown, & Rodhe, 2010). Como en el caso del CH_4 , en el Capítulo 4, en las recomendaciones técnicas para minimizar los impactos ambientales de estas instalaciones, se detalla cómo reducir estas emisiones en las granjas industriales.

Impactos en ecosistemas terrestres

De la misma manera que hemos visto cómo las macrogranjas provocan daños en la calidad de los ecosistemas acuáticos y en la calidad del aire (tanto local como global), también tienen repercusiones sobre los ecosistemas terrestres. La principal alteración en los ecosistemas terrestres se debe al cambio en los usos del suelo. En una explotación extensiva, principalmente en las dehesas, el cerdo se encuentra en equilibrio con su entorno. En este tipo de ecosistemas el cerdo es una parte de todos los integrantes del sistema (aves, descomponedores, encinas...) y su actividad ayuda a mantener el equilibrio natural, ya que la presión que ejerce la carga ganadera en estos casos es asumida por el entorno y además es recibida como algo positivo, en forma de fertilizante y sustrato para el crecimiento vegetal.

En las granjas intensivas, pero de pequeño tamaño, el paisaje comienza a cambiar, siendo necesario destinar parte del cultivo del entorno al forraje y la alimentación de los cerdos. Sin embargo, aun así, esta adaptación en los cultivos no supone elevados cambios en el entorno, ya que normalmente las granjas se encuentran ubicadas en zonas en las que predomina el cultivo de secano, por lo que el forraje y alimento es suplido fácilmente.

En el caso de las macrogranjas, las necesidades alimenticias se incrementan notablemente, provocando que sea imposible abastecerlas con los cultivos del entorno. En este caso es necesaria la importación de productos agrícolas para la elaboración de piensos. Principalmente se importa maíz y trigo de Ucrania y soja de Brasil. Según el informe [“Engordados con deforestación: la soja brasileña en los piensos para cerdos en España”](#) (Combate, 2022), analizando datos de aduanas brasileñas, el 66% de la soja que se emplea en España para la elaboración de piensos proviene de Brasil y, de ese 66%, un 31% es cultivado en la Amazonía. Según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ucrania exporta a España más de [2,4 millones](#) de toneladas de maíz, es decir, el 22% de todo el maíz importado (Figura 18).



Origen de las importaciones de maíz de España en 2021, (en t.)

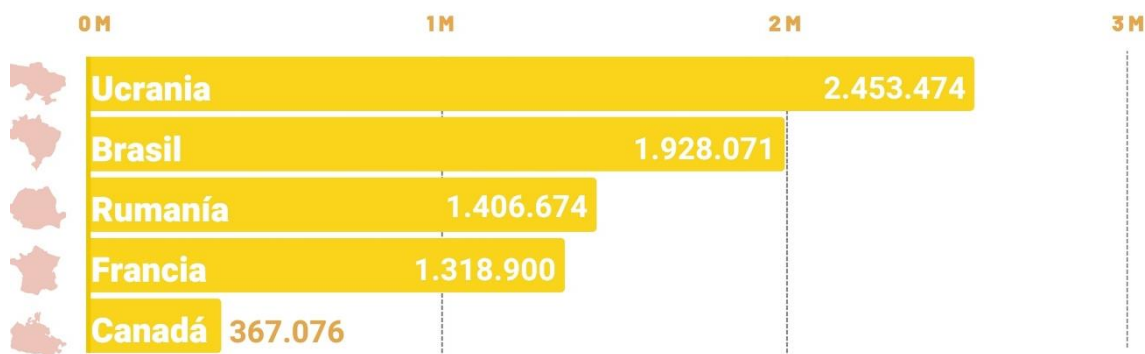


Figura 18. Procedencia de las importaciones de maíz hacia España en el año 2021 (en toneladas).
Fuente: [Cámaras de Comercio y Aduanas](#).

En cuanto al trigo y maíz de Ucrania, el principal problema es el de mantener y fomentar que amplias extensiones de terreno se dediquen al monocultivo. Los monocultivos restan biodiversidad al territorio, dejando a los ecosistemas terrestres más expuestos a los cambios, debido a su baja adaptación, resultado de su simplicidad. En estas amplias extensiones de terreno dedicadas al cultivo de una única especie, la fauna no tiene cabida ni tampoco otras especies vegetales. Este tipo de cultivos están expuestos y favorecen la aparición de plagas, ya que los insectos encuentran una gran cantidad de alimento disponible, ausencia de depredadores y espacios para su reproducción ([Vida Rural](#)). Por otro lado, debido a que en estos cultivos se emplean diferentes compuestos químicos para evitar la aparición de enfermedades y plagas, con el tiempo se provoca que los patógenos vayan adquiriendo resistencia y puedan provocar enfermedades de difícil curación (Priyadarsini, Suresh, & Huisinigh, 2020).

España, siendo el país que más pienso para cerdos produce, es el segundo país europeo que más soja importa, principalmente de Brasil. Por todos es sabido el efecto devastador de la extensión de los cultivos de soja en Brasil a costa de la deforestación del Amazonas. Desde 2009 se han deforestado más de 1.200 kilómetros cuadrados de selva tropical para destinarla al cultivo de esta leguminosa. Esto implica perder uno de los ecosistemas terrestres vírgenes más ricos y diversos para poder suplir las necesidades del pienso del ganado en otros países como España. La deforestación y el impacto ambiental, social y para la salud humana que conlleva perder estas grandes extensiones de selva tropical es un tema muy complejo y con muchas aristas, ya que tiene grandes repercusiones.



De forma resumida, a nivel local, supone la pérdida de un hábitat muy valioso que es capaz de albergar una enorme riqueza de especies, muchas de ellas autóctonas. Además, es un retenedor de humedad en la zona y un generador de corrientes húmedas aéreas que favorecen el aumento de las precipitaciones en las áreas tropicales. Esto provoca que las estaciones secas se alarguen a más de 6 meses y las húmedas se hayan reducido en los últimos años a menos de 3 meses. También, a medida que el bosque va desapareciendo, su capacidad de resiliencia disminuye, dejando el Amazonas más expuesto a los posibles cambios venideros con el calentamiento global. Desde un punto de vista más amplio, perder estas enormes masas vegetales implica perder grandes sumideros de carbono y una fuente importante de agua mediante la evapotranspiración. Es decir, el Amazonas ayuda a mantener el clima global (Zemp, Schleussner, Barbosa, & Rammig, 2017) (Swann, Longo, Knox, Lee, & Moorcroft, 2015). No solo eso, si no que la deforestación favorece la dispersión de enfermedades humanas y puede provocar la aparición de virus y bacterias más resistentes, además de favorecer las enfermedades zoonóticas (aquellas enfermedades que logran infectar a los humanos cuando normalmente afectaban a otros animales y viceversa) (Ellwanger et al., 2020).



Impactos socioeconómicos: despoblación

Además de los principales problemas ambientales expuestos, la presencia de las granjas industriales también tiene repercusión sobre la calidad de vida de las personas de diferentes formas.

Retomando el caso del amoníaco, este gas no solo produce los efectos ambientales y en la salud anteriormente descritos, sino que también es uno de los principales causantes de mal olor en las inmediaciones de las macrogranjas. La alta densidad de animales, grandes balsas de almacenamiento de purines y terrenos continuamente irrigados con purines provocan que estas instalaciones sean un foco constante de mal olor y motivo de queja y preocupación para los vecinos del entorno ([El País, elDiario.es](#)). Este impacto afecta tanto a la calidad de vida de las personas, por la exposición continua a estos olores desagradables, como a la economía local, ya que en muchos de estos pueblos el turismo rural es una fuente de ingresos, pero la presencia de estos focos de olor lo aleja, repercutiendo en los negocios de la zona. Tal es la tensión que genera este problema, que diversas comunidades han denunciado a las granjas de su entorno debido a la problemática de olores, como en [Silleda](#) (Pontevedra), o han intentado frenar su instalación por este motivo, entre otros, como en [Fuentearmegil](#) (Soria). Recientemente, el Tribunal Supremo ha reiterado la sentencia del Tribunal Superior de Xustiza de Galicia que [anulaba la licencia de ampliación de una macrogranja](#) alegando que en su ampliación no se había considerado el impacto sobre la salud (polvo, partículas, ruidos y olores, entre otros motivos). Aunque se trate de un caso sobre una macrogranja de pollos, este tipo de decisiones permiten sentar jurisprudencia y que se pueda solicitar una resolución similar en situaciones parecidas, como en el caso de las instalaciones porcinas.

Los olores no son los únicos problemas que viajan por el aire desde las macrogranjas. Los vecinos de los municipios que albergan estas instalaciones suelen quejarse de la gran presencia de moscas. No es de extrañar que, debido a la gran acumulación de cerdos, excrementos y purines, también se vea incrementada la presencia de estos insectos. Existen múltiples testimonios con los que podemos hacernos una idea la magnitud e incomodidad del problema, como el recogido por la [Cadena Ser](#) de un ciudadano de Lorca o el caso del pueblo [La Celia](#) (Murcia), donde la granja llegó a entregar venenos para las moscas a los vecinos y algunos años fumigó el pueblo (Figura 19). Tal es la importancia de este problema, que en algunas alegaciones contra proyectos de macrogranjas de cerdos se incluye como uno de los motivos por los que se rechaza la presencia de esta actividad industrial (véase el caso de [Zújar](#), en Granada).





Figura 19. Moscas muertas en una de las casas de La Celia (Jumilla, Murcia).
Fuente: [El Mundo](#).

La combinación de todos estos factores (degradación ambiental, malos olores, incremento de la presencia de moscas y mosquitos, mayores ruidos...) tiene repercusiones claras sobre el desarrollo rural. Como ya hemos visto, estos factores afectan tanto a la calidad de vida de las personas del entorno, como a parte de sus negocios, cuando estos están enfocados al turismo (alojamientos rurales, restaurantes, tiendas...). Además, este tipo de instalaciones suele ubicarse en municipios con menos de 5.000 habitantes. En el caso de Castilla y León, casi el 40% de las granjas porcinas industriales de la comunidad se encuentran en municipios de estas características y en la Comunidad Valenciana son más del 80%. Es decir, estas instalaciones suelen ubicarse en zonas con riesgo de despoblamiento. Según el Informe “Ganadería industrial y despoblación” de Ecologistas en Acción (EA & MAPA, 2021), financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en el 74% de los municipios estudiados con mayor número de cerdos en granjas industriales han perdido más población o la han ganado en menor proporción que localidades de similares características pero sin instalaciones porcinas en su territorio. Este fenómeno es más intenso en aquellas zonas donde las macrogranjas tienen una mayor presencia y un historial más largo; 80% en Huesca y Zaragoza, 85% en Barcelona y 91% en Lleida.



Efecto salud: pandemias

Aunque los problemas sociales y ambientales que se han explicado hasta ahora tienen una clara repercusión en la salud de las personas, abordamos de forma independiente los efectos que pueden generar este tipo de instalaciones sobre el desarrollo de nuevas enfermedades.

Las instalaciones de cría intensiva pueden ser un foco importante de enfermedades y, debido a la alta densidad de individuos, su propagación es muy rápida. Es frecuente el uso de antibióticos en los animales para asegurar su salud y evitar el contagio de enfermedades. Sin embargo, este uso desmedido de los antibióticos está generando que las bacterias que atacan logren adquirir una resistencia, provocando la pérdida de eficacia. Es decir, si estas bacterias logran reproducirse y afectar a un ser humano, será muy complicado tratar dicha enfermedad (la Organización Mundial de la Salud cifra en 10 millones de muertes al año a partir del 2050 si no se toman medidas frente a la resistencia a medicamentos). Además, en algunos casos no solo adquieren resistencia, sino que también incrementan la gravedad de los daños provocados (Durrant, Li, Siranosian, Montgomery, & Bhatt, 2020).

Por ejemplo, en un estudio realizado en Dinamarca entre 2004 y 2017 encontraron que el 70% de las muestras medidas de *E.coli* (bacteria patógena que provoca diarreas, cólicos, insuficiencia renal e incluso la muerte) eran resistentes a un gran número de antibióticos (Holmer et al., 2019) como la tetraciclina, el antibiótico más empleado en la industria porcina, a la que la mayoría de la microbiota del ganado ya presenta genes resistentes (Lekagul, Tangcharoensathien, & Yeung, 2019).

Por otro lado, los antibióticos no asimilados por el cerdo son excretados en los purines, que posteriormente acaban en el suelo o en el agua. Es decir, el riesgo de generar genes resistentes a antibióticos no solo se limita a la granja, si no que se mantiene fuera de las instalaciones. Se han encontrado grandes cantidades de genes resistentes a antibióticos tanto en aguas residuales (Lau, Tien, Stedtfeld, & Topp, 2020), como en ríos (Yang, Liu, Xing, & Liao, 2019) o en las verduras que han sido fertilizadas con purines (Gao et al., 2020). Estos genes resistentes después pueden pasar a las personas a través del consumo de la carne o la verdura expuesta (Monger, Gilbert, Saucier, & Vincent, 2021).

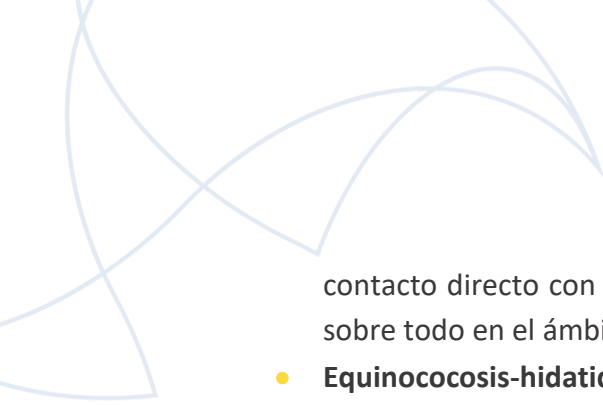
Además del riesgo de generar bacterias resistentes a los antibióticos, también está la posibilidad de zoonosis, es decir, de que una enfermedad animal se propague a los humanos. En el informe "[Riesgos para la salud pública relacionados con la instalación de macrogranjas porcinas](#)", elaborado por la Doctora Ángela Prado, se recogen hasta



15 enfermedades propias de estos animales que se han registrado en humanos y que pueden propagarse en este tipo de instalaciones. De todas las enfermedades incluidas, se destacan algunas como:

- **Encefalitis japonesa.** Enfermedad transmitida mediante la picadura de mosquitos que produce encefalitis grave en equinos y humanos y causa en el ganado porcino camadas reducidas y, a menudo, encefalitis congénita. Es la encefalitis vírica más importante en Asia y se calcula que ocasiona al menos 50.000 casos al año, principalmente en niños menores de 10 años, y produce alrededor de 10.000 fallecimientos y 15.000 casos que sufren secuelas neuropsiquiátricas a largo plazo. Están especialmente expuestos los criadores de cerdo y sus vecinos, en áreas endémicas en un radio de 2 km.
- **Hepatitis E.** Algunas cepas circulan entre el ganado porcino y se transmiten esporádicamente a las personas por contacto directo o por el consumo de alimentos procedentes de ellos. También es posible la transmisión indirecta por contacto producida a través de la exposición al purín de cerdo infectado con el virus. Los casos autóctonos de hepatitis E están aumentando en los últimos años.
- **Influenza porcina.** Los virus de la gripe humana pueden ser transmitidos a los cerdos por personas que estén en contacto directo con ellos y a la inversa. El cerdo es capaz de desarrollar nuevos virus influenza al infectarse por otros virus porcinos, aviares y/o humanos.
- **Rotavirus (tipos A-B-C).** La infección por rotavirus está ampliamente distribuida en cerdos en todo el mundo, permaneciendo el virus en las heces hasta tres semanas después de la infección. Clásicamente se consideraba que los rotavirus porcinos solo infectaban a esta especie, pero en los últimos años, los rotavirus B y C se han relacionado con episodios de diarrea en cerdos y humanos en Brasil y otros países de Europa.
- **La Salmonella.** La Salmonella es la causa mayoritaria de intoxicaciones alimentarias en España. La *Salmonella typhimurium* se asocia con diarrea en cerdos jóvenes y con gastroenteritis en humanos. Se transmite a través de la vía oral, por contacto con heces de animales infectados. Así, la carne del ganado porcino se presenta como uno de los reservorios fundamentales de infección en el hombre.
- **Escherichia coli.** Los cerdos pueden ser reservorio de esta bacteria, sin presentar enfermedad, pero eliminándolas por las heces. Éstas sobreviven durante meses en el estiércol y los purines contaminando las aguas superficiales (bebida y riego) y la superficie de las tierras de cultivo. Las bacterias pueden transmitirse al hombre a través de los alimentos por una inadecuada higiene en las granjas, por





contacto directo con animales o a través de la transmisión persona a persona, sobre todo en el ámbito familiar, escolar y de centros de atención de personas.

- **Equinococosis-hidatidosis.** La hidatidosis humana es endémica en España. El cerdo es un hospedador intermedio en el cual se desarrolla la forma larvaria. La puerta de entrada en el ser humano es la vía oral, a través de la ingesta de los huevos, en forma de alimentos o bebidas, especialmente aguas contaminadas.
- **Toxoplasma.** La toxoplasmosis es una enfermedad zoonótica que infecta a humanos y que se relaciona con la ingesta de carne de cerdo cruda o poco cocinada.

La propagación de estas enfermedades puede llegar a trascender su magnitud normal y terminar por convertirse en un problema de salud global, un problema pandémico. En 2009 la gripe porcina causada por el virus H1N1 llegó a afectar a casi 1,7 millones de personas. Diferentes estudios han reportado el origen de este virus en las granjas de cerdos (Pereda et al., 2010) (Moreno et al., 2010) y se siguen realizando otros estudios que encuentran relación con variantes de este virus, como el H9N2, con las instalaciones ganaderas (Li et al., 2015). La gran propagación de estos virus se debe a que como nuestro organismo no está acostumbrado a su exposición, cuando por una mutación genética del virus, es capaz de atacar al organismo, estos no tienen defensas biológicas para darle respuesta. Esto provoca gran virulencia en los estados iniciales de la pandemia y una elevada propagación.

La similitud del sistema inmunológico del cerdo facilita el salto de enfermedades hacia el hombre. Tal es así que se ha investigado y asociado el origen de la reciente pandemia producida por el COVID-19 con los sistemas ganaderos porcinos intensivos (Zurayk, 2020) ([GRAIN](#)), aunque esta hipótesis no está del todo confirmada y se barajan otras posibilidades.



Bienestar animal

Como se ha explicado en el primer capítulo, la ganadería intensiva porcina se caracteriza por ser el sistema ganadero con una mayor densidad de cabezas de ganado, con el objetivo principal de maximizar la producción de carne, sacrificando para ello el bienestar del animal explotado (Figura 20).

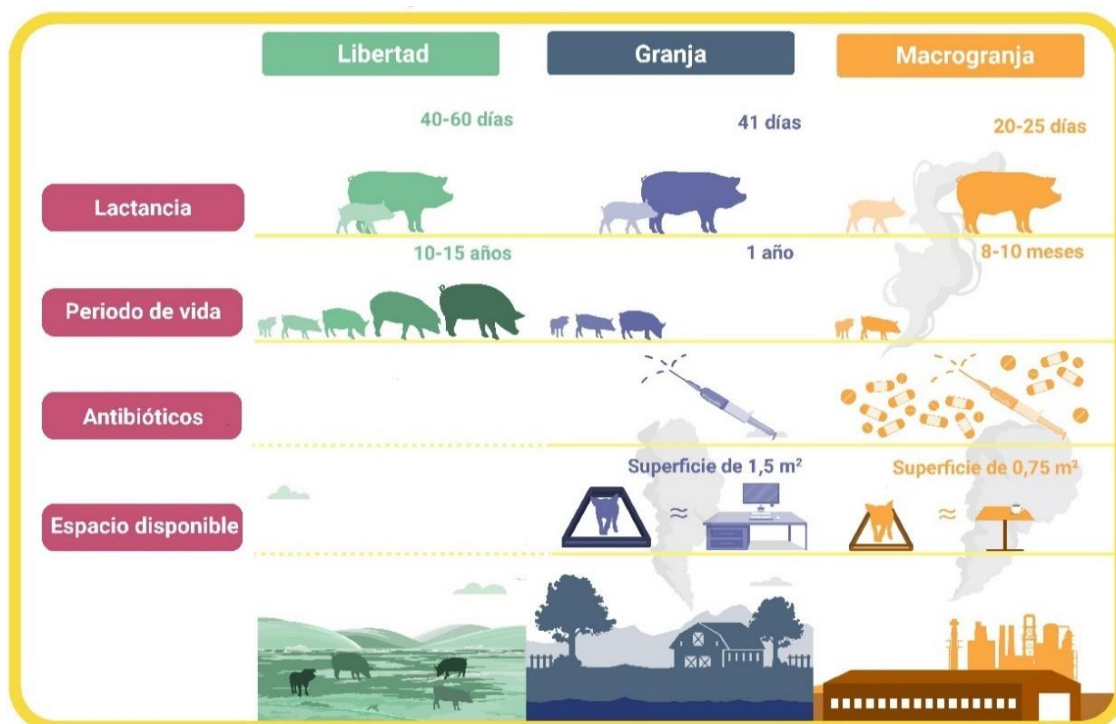
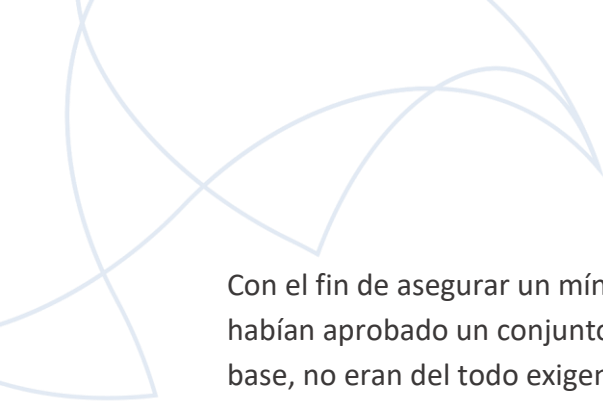


Figura 20. Comparativa de bienestar animal.
Fuente: elaboración propia.





Con el fin de asegurar un mínimo de calidad en la vida de los cerdos, anteriormente se habían aprobado un conjunto de textos jurídicos que, aunque al menos marcaban una base, no eran del todo exigentes. Recientemente se ha aprobado el [Real Decreto 159/2023](#) en el que se actualizan algunas obligaciones que considerar respecto al bienestar animal y modifica gran parte de los textos legislativos previos. Por ejemplo, obliga a todas las instalaciones porcinas intensivas a elaborar un plan de bienestar animal donde se recojan las condiciones de las instalaciones y se evalúen todos los factores de riesgo y los planes de acción contra esos riesgos. También amplía la superficie de suelo libre de la que deberá disponer cada animal (en función de la etapa de su vida en la que se encuentre) en un 20% de media. Además, concreta de una manera más precisa cómo actuar en casos de que exista agresividad entre los propios animales y cómo gestionar aspectos inevitables como el hambre y la necesidad de masticar de las cerdas jóvenes y gestantes.

Otro aspecto novedoso de este Real Decreto es que establece que en las áreas donde se encuentren los cerdos no se deberán registrar niveles de ruido continuo superiores a 85 dB, así como ruidos duraderos o repentinos. Y en cuanto a las concentraciones de gases medidos a la altura de las cabezas de los animales, no se podrá superar en 20 mg/l el amoníaco y en 3.000 mg/L el CO₂.

Para la mejora de calidad de estos animales durante su paso por la granja, también se incorporan medidas respecto a la intensidad y cantidad de luz recibida, la disponibilidad de alimento y agua, la regulación térmica, la ventilación de los espacios y la separación de sus excreciones, por ejemplo. A modo de resumen incluimos a continuación una tabla resumen (Tabla 1) con las principales afecciones de este tipo de ganadería:



Tabla 1. Resumen de los tipos de impactos de una granja industrial porcina y su fuente		
	Tipo de impacto	Origen
Impacto hídrico	Sobreexplotación de acuíferos	Elevado consumo de agua para el abastecimiento y limpieza
	Desabastecimiento de la población	
	Contaminación de acuíferos y otras masas de agua	Infiltración de purines
	Contaminación de aguas de abastecimiento	Infiltración de purines
Impacto atmosférico	Emisiones de metano	Actividad biológica del cerdo
	Emisiones de amoníaco	Actividad biológica del cerdo y almacenamiento de purines
	Smog fotoquímico	
Impacto en ecosistemas terrestres	Deforestación	Elaboración de piensos
	Monocultivo	
	Pérdida de biodiversidad	
Impactos socioeconómicos	Malos olores	Actividad biológica del cerdo y almacenamiento de purines
	Presencia de moscas y otros insectos	Actividad biológica del cerdo y almacenamiento de purines
	Pérdidas para el turismo rural	Por la suma de impactos ambientales y socioeconómicos
	Despoblación	
Impacto en la salud	Bacterias resistentes a antibióticos	Uso desmedido de los antibióticos
	Enfermedades zoonóticas	Por la elevada densidad de animales
	Pandemias	Por la posibilidad de una nueva enfermedad zoonótica de origen vírico
Bienestar animal	Falta de movilidad	Debido a las condiciones de estabulación buscando el máximo rendimiento de producción de carne
	Ausencia de espacios al exterior	
	Problemas de convivencia	

Tabla 1. Síntesis de los distintos impactos derivados de una granja industrial de cerdos y sus fuentes.
Fuente: elaboración propia.



Capítulo 3. Marco normativo respecto a la ganadería y sus residuos

Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Capítulo 3. Marco normativo respecto a la ganadería y sus residuos

Legislación nacional aplicable

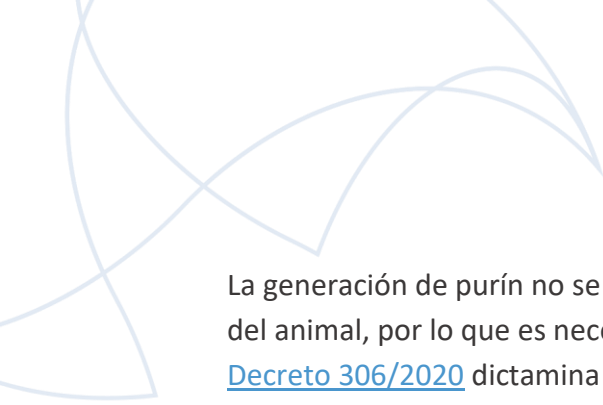
Diferentes textos legislativos regulan múltiples aspectos de la ganadería porcina intensiva. Por ejemplo, ya hemos visto como el [Real Decreto 306/2020](#) regula las explotaciones porcinas y permite catalogarlas según el número de individuos, entre otros aspectos. También se ha hecho referencia al [Real Decreto 159/2023](#) que actualiza todas las obligaciones de los ganaderos respecto al bienestar animal. Sin embargo, de toda la legislación que se aplica a este tipo de instalaciones, nos vamos a centrar en la que regula la gestión del purín, porque es el principal residuo de estas instalaciones y del que proviene el mayor riesgo ambiental e impacto.

A un nivel muy general, podemos hacer referencia a la actual [Ley 7/2022, de residuos y suelos contaminados para una economía circular](#). De este texto solo cabe destacar la necesidad de respetar la jerarquía en el tratamiento de los residuos (Figura 22), es decir, principalmente se debe prevenir la generación de estos residuos. Una vez generado el residuo, lo ideal sería poder prepararlo para su reutilización, tras una etapa de limpieza y reparación. En caso de que esta opción no sea factible, se tendría que abordar su gestión desde el reciclaje u otro de tipo de valorización que permita extraer recursos de valor del residuo. Entre estas opciones se incluye la valorización energética. Finalmente, en caso de que ninguna de estas opciones fuera válida, se debería eliminar el residuo.



Figura 22. Jerarquía de la gestión de los residuos.
Fuente: elaboración propia.





La generación de purín no se puede evitar porque proviene de la actividad biológica del animal, por lo que es necesario centrarse en la gestión adecuada de este. El [Real Decreto 306/2020](#) dictamina algunos requisitos que debe cumplir la instalación para poder gestionar este residuo:

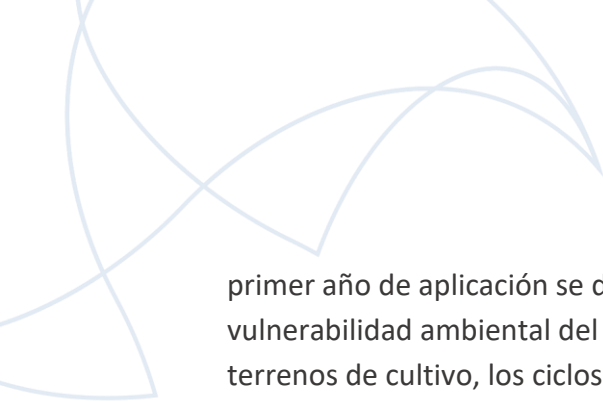
- Se deberá disponer de balsas de purines cercadas e impermeabilizadas que eviten el riesgo de filtración y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas por rebosamiento o filtración. Estas balsas deben tener el tamaño preciso para poder almacenar la producción de al menos tres meses y permitir la gestión adecuada de los purines de acuerdo con el plan de producción y gestión de estiércol incluido en el Sistema Integral de Gestión de las Explotaciones.
- La construcción de una balsa nueva o cualquier modificación del tamaño o estructura de la balsa de purín deberá acompañarse de la adopción de técnicas que reduzcan las emisiones de amoníaco en, al menos, un 80% con respecto a la referencia de la balsa sin ningún tipo de cubierta.

Cuando el purín tenga como finalidad la valoración agronómica, se deberá cumplir lo siguiente:

- Respetar, en la distribución de purín sobre el terreno, la distancia mínima de 200 metros respecto a otras explotaciones y a los cascos urbanos.
- Disponer de superficie agrícola suficiente, propia o concertada, para la valorización agronómica de los purines. La cantidad de purines que aplicar en la superficie agrícola deberá ajustarse a lo establecido en el [Real Decreto 47/2022](#), de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación, debiendo calcular el contenido de nitrógeno del estiércol utilizado.
- Para aplicar el purín en una zona afectada por el curso del agua (márgenes de ríos, cercanía a lagos, etc.) se deberá contar con una autorización de la Confederación Hidrográfica de la Cuenca.

Por otro lado, en función del estado ecológico de las masas de agua cercanas, la aplicación del purín podrá o no servir como valoración agrológica del residuo. Esto está regulado en el [Real Decreto 47/2022, en el que](#), como se ha explicado anteriormente, respecto a los impactos en las masas de agua, se definen las **zonas vulnerables a nitratos**. Estas zonas son definidas por las propias comunidades autónomas y obligan a que se lleven a cabo programas de buenas prácticas agrarias para las zonas afectadas. El aspecto principal de estos programas de actuación es que la cantidad de estiércol o purín aplicada en estas zonas sea inferior a 170 kg/año y hectárea, aunque tras el





primer año de aplicación se deberá recalcular este valor en base a criterios como la vulnerabilidad ambiental del medio al que drenan las aguas de escorrentía de los terrenos de cultivo, los ciclos de crecimiento largo o la alta precipitación neta en la zona vulnerable, por ejemplo. Estos códigos de buenas prácticas agrarias deberán incluir información sobre:

- Los períodos en los que no es conveniente la aplicación de fertilizantes a las tierras.
- La aplicación de fertilizantes a tierras en terrenos inclinados y escarpados.
- Las condiciones de aplicación de fertilizantes a tierras cercanas a cursos de agua.
- La capacidad y el diseño de los tanques de almacenamiento de estiércol.
- Las medidas para evitar la contaminación del agua por escorrentía y filtración en aguas superficiales o subterráneas de líquidos que contengan estiércol y residuos procedentes de productos vegetales almacenados, como el forraje ensilado.
- Los procedimientos para la aplicación a las tierras de fertilizantes químicos y estiércol que mantengan las pérdidas de nutrientes hacia las aguas y la atmósfera en un nivel aceptable, considerando tanto la periodicidad como la uniformidad de la aplicación, entre otras medidas.

Por otro lado, además de la aplicación del purín como fertilizante, este residuo puede ser empleado para la producción de electricidad (Figura 23). La gran ventaja de utilizar este residuo como fuente de biogás es que, por un lado, se reducen los riesgos ambientales derivados de la infiltración del purín hacia las aguas subterráneas y superficiales y, por otro lado, se está produciendo energía de una forma sostenible, sin tener que recurrir a combustibles fósiles. El interés en la valorización energética del purín hizo que a finales del 2008 se aprobara [el Plan de Biodigestión de Purines](#), acompañado por el [Real Decreto 949/2009](#) (derogado en 2015 por falta de presupuesto para mantener las ayudas a la biodigestión de purines, [Real Decreto 181/2015](#)) para facilitar su implantación.



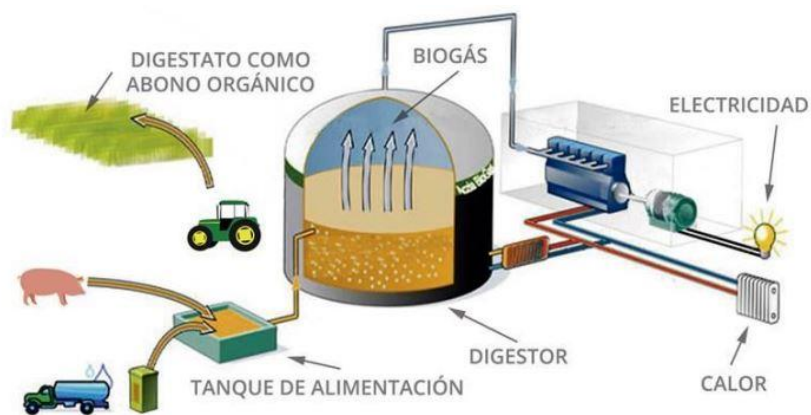
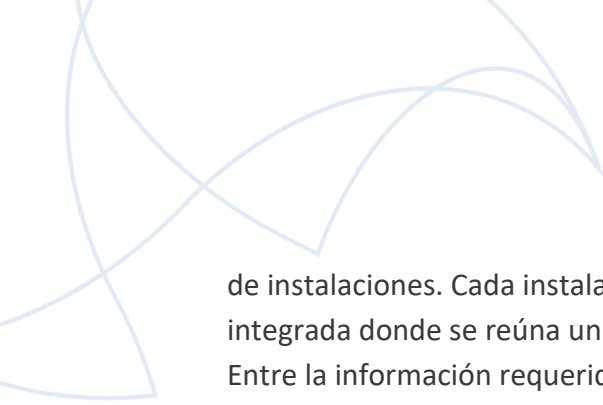


Figura 23. Esquema simplificado del procedimiento para obtener biogás a partir de las deyecciones ganaderas.
Fuente: [MITECO](#).

Actualmente, la producción energética a partir de fuentes renovables, cogeneración y residuos se encuentra regulada por el [Real Decreto 413/2014](#), en el que se recogen, entre otras muchas instalaciones, las centrales de generación eléctrica o de cogeneración que utilicen como combustible principal biolíquido producido a partir de la biomasa (como el purín) o que utilicen biogás procedente de la digestión anaerobia de deyecciones ganaderas. Como productores de energía, se les aplican algunos derechos como despachar la energía a través del Operador del Sistema en los términos que se establezcan reglamentariamente, percibir la retribución que les corresponda por su participación en el mercado de producción de energía eléctrica a través de cualquiera de sus modalidades de contratación y, en su caso, el régimen retributivo específico regulado o recibir la compensación a que pudieran tener derecho por los costes en que hubieran incurrido en supuestos de alteraciones en el funcionamiento del sistema. Pero, también tienen una serie de obligaciones como disponer, antes de comenzar el vertido de energía a la red, de los equipos de medida de energía eléctrica necesarios que permitan determinar para cada período de programación, la energía producida, su liquidación, facturación y control y que las instalaciones estén inscritas en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica. Para poder percibir el régimen económico bonificado, las instalaciones que empleen purín como biocombustible principal deberán cumplir unos mínimos de cantidad de energía contenida en el purín, además de los requisitos establecidos de forma general para el resto.

Debido a la gran cantidad de residuos y de emisiones atmosféricas de estas instalaciones, las macrogranjas están obligadas a declarar sus emisiones y a estar dadas de alta en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR, en sus siglas en inglés) de acuerdo al [Real Decreto 508/2007](#). En este sentido, acudiendo a la página del [PRTR](#), se puede hacer un fácil seguimiento de las emisiones de este tipo



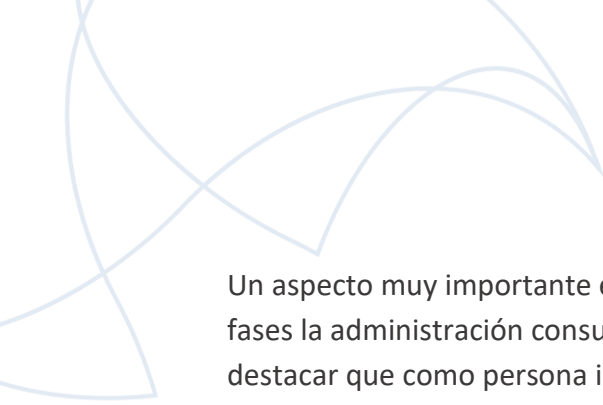


de instalaciones. Cada instalación debe enviar anualmente una autorización ambiental integrada donde se reúna una serie de información relativa a su impacto ambiental. Entre la información requerida, además de los datos identificativos, se deben incluir medidas específicas para reducir las emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo: preventivas, correctoras, temporales o provisionales y otras medidas adicionales para asegurar la calidad de estos medios.

Con relación al seguimiento de estas emisiones, recientemente se ha aprobado el [Real Decreto 988/2022](#), de 29 de noviembre, por el que se regula el Registro General de las Mejores Técnicas Disponibles en Explotaciones y el soporte para el cálculo, seguimiento y notificación de las emisiones en ganadería y se modifican diversas normas en materia agraria. Este texto normativo ha sido aprobado para poder alcanzar los objetivos climáticos europeos con la Agenda 2030, así como con los compromisos nacionales de reducción de emisiones de amoníaco establecidos en el [Real Decreto 818/2018](#). El objetivo de este Real Decreto es proveer al sector ganadero y a las autoridades competentes de un soporte nacional que facilite el cálculo, el seguimiento y la notificación de las emisiones de cada granja, para monitorizar el alcance de las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero y el uso eficiente de los recursos naturales. Para poder cumplir con este Real Decreto, las instalaciones deberán comunicar mediante el sistema informatizado [ECOGAN](#) una serie de características de su instalación, tales como el tipo de alojamientos, almacenamiento de estiércoles y purines (capacidad, impermeabilización, recogida de lixiviados...) o el uso de estos purines (digestión anaerobia, uso agrario...). Con esta información, junto con los datos del tamaño de la carga ganadera y sus características, se realiza un cálculo de emisiones y de consumo de recursos de la instalación. Anualmente se deberá actualizar esta información para comprobar cómo la aplicación de las mejores técnicas disponibles recomendadas ha logrado reducir la contaminación y el consumo de recursos. Estos resultados se recogerán anualmente en un informe, que debido a la reciente aplicación de este Real Decreto todavía no está elaborado.

Por último, toda instalación considerada macrogranja (capacidad para 2.000 o más cerdos de engorde), debe someterse a una evaluación ambiental ordinaria, según recoge la [Ley 21/2013](#). Dicho procedimiento es un estudio ambiental en el que se evalúan los diferentes impactos y riesgos de la nueva instalación sobre su entorno. En esta evaluación se puntúan diferentes alternativas en función de su riesgo y las medidas preventivas y correctivas propuestas para minimizar los daños ambientales. Es necesario que la evaluación resulte positiva para poder llevar a cabo el proyecto.





Un aspecto muy importante e identificativo de este procedimiento es que en todas las fases la administración consultará a las personas afectadas e interesadas. Cabe destacar que como persona interesada puede entenderse a las asociaciones u organizaciones sin ánimo de lucro que lleven más de dos años legalmente constituidas, su actividad se desarrolle dentro del territorio afectado y tengan en sus estatutos la protección del medio ambiente. Este aspecto es muy importante como se verá al final de este capítulo.

Además, las personas afectadas o interesadas a su vez pueden hacer alegaciones a los documentos públicos expuestos. Estas alegaciones pueden ser de diferente índole; expresando la total disconformidad con el proyecto, la necesidad de abordar de un manera más intensa o profunda los daños ambientales sobre algún aspecto ecológico o proponiendo mejoras o medidas correctivas, entre otros. El inicio de la fase de consulta se suele declarar de forma ordinaria mediante el boletín oficial de la comunidad autónoma correspondiente (o el estatal si el proyecto cruza fronteras entre comunidades o países, pero no suele ser el caso de las macrogranjas). Sin embargo, también es posible estar al tanto de los procedimientos de información pública y consulta ciudadana mediante las diferentes páginas webs de cada gobierno autonómico, como el caso del [Gobierno de Aragón](#), la [Generalitat de Catalunya](#) o la [Junta de Castilla y León](#). Dentro de cada página se puede acceder a las solicitudes activas, a la documentación presentada sobre las que se harán las alegaciones y el documento oficial donde se recogen los plazos y los canales para ejercer el derecho a la participación ciudadana, entre otra información útil.



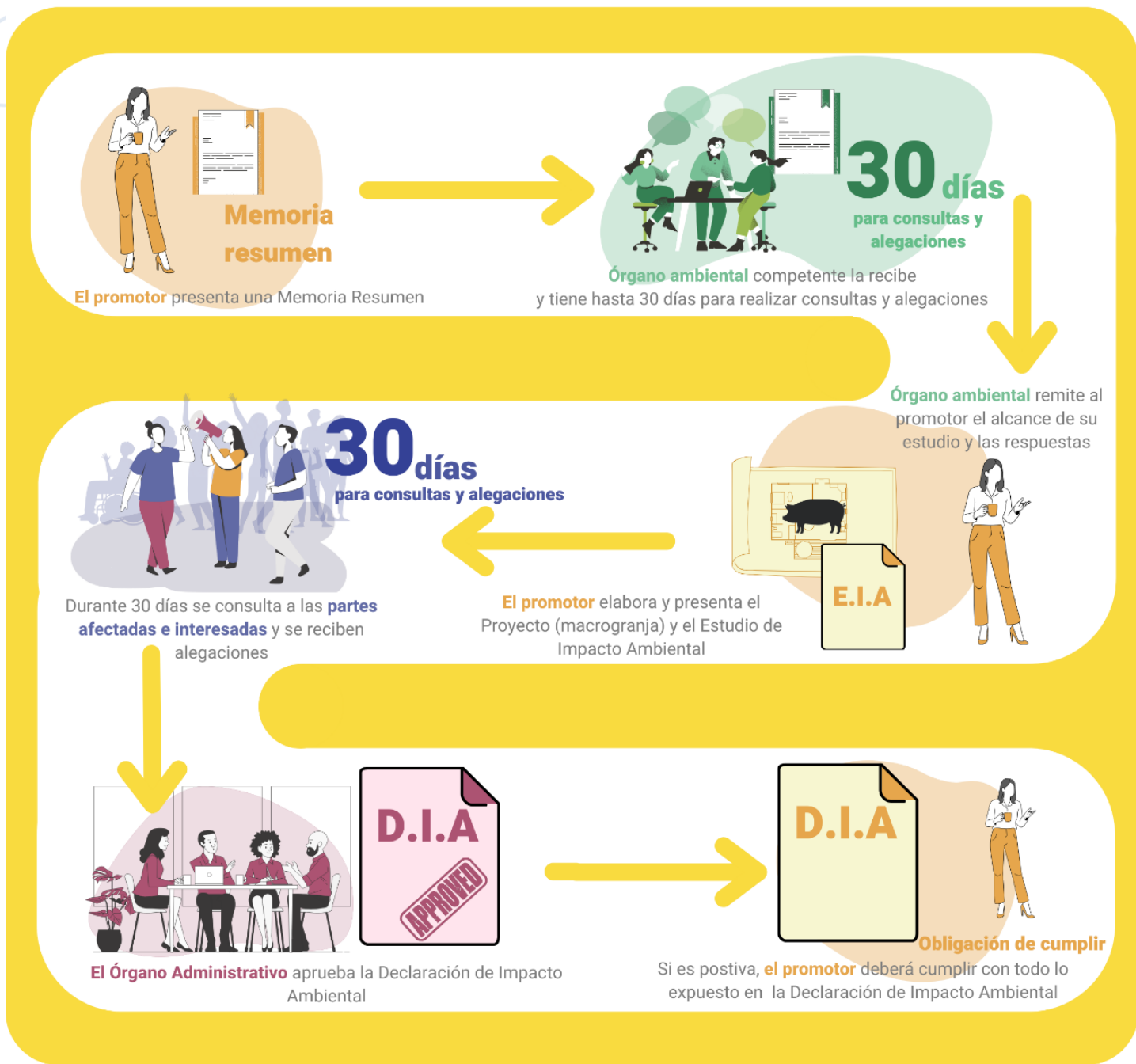


Figura 24. Esquema del proceso administrativo de una Evaluación de Impacto Ambiental.
Fuente: elaboración propia.



Comunidades autónomas

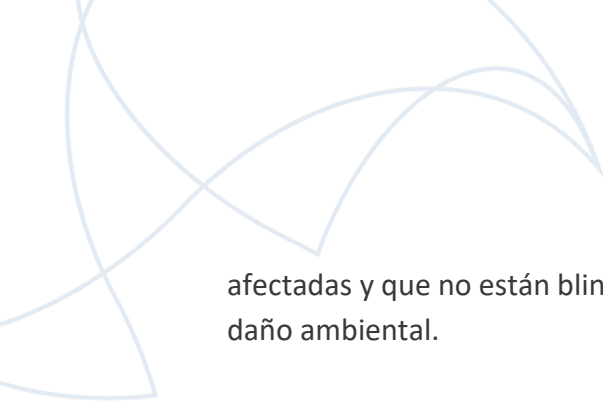
A nivel autonómico las comunidades tienen una gran capacidad para limitar o frenar el crecimiento de las granjas ya existentes y la instalación de otras nuevas macrogranjas. En base a esta competencia, comunidades como Castilla-La Mancha, Aragón y Cataluña han adoptado medidas para ello.

En Castilla y León, tercera comunidad autónoma con más macrogranjas del país, la legislación existente es bastante flexible, ya que las únicas limitaciones las encontramos en el [DECRETO 4/2018, de 22 de febrero, por el que se determinan las condiciones ambientales mínimas para las actividades o instalaciones ganaderas de Castilla y León](#). En este Decreto apenas se establecen limitaciones, ya que, por ejemplo, las instalaciones que contemplen una gran generación de nitrógeno (250 kg de nitrógeno hectárea) podrán indicar que emplearán tecnologías para el tratamiento de los purines o que dispondrán con más terrenos en otros municipios para su deposición. En cuanto a la distancia de las granjas, para aquellas más grandes se establece una distancia mínima de entre 100 metros y 1 kilómetro, según la población del municipio. Por otro lado, sí que establece criterios para la ubicación de las balsas de purines, descartando algunas zonas, como zonas inundables o inestables, por su alto riesgo.

En el caso de Aragón, recientemente se ha aprobado la [Ley 6/2023, de 23 de febrero, de protección y modernización de la agricultura social y familiar y del patrimonio agrario de Aragón](#). Mediante esta ley se busca ordenar el crecimiento de las explotaciones ganaderas intensivas y valorar su ubicación en base a la capacidad receptora de estiércoles de las superficies agrarias del entorno, impulsando la economía circular, evitando la expulsión del modelo de explotación familiar y profesional y contribuyendo a reducir los riesgos epidemiológicos que se incrementan exponencialmente en función del tamaño de las explotaciones.

En el caso de Cataluña, se aprobó el [Decreto-Ley 7/2021, de 20 de julio, por el que se adoptan medidas extraordinarias de limitación a la densidad ganadera](#). En este texto se establecen medidas extraordinarias de limitación a la densidad ganadera, con el fin de reducir y prevenir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario en 68 municipios gravemente afectados. Estas medidas incluyen no poder instalar más macrogranjas en estos municipios ni ampliar las existentes. Sin embargo, este Decreto-Ley ha generado controversia, ya que su duración es de 4 años y tras este periodo perderá validez. Además, aunque es cierto que está protegiendo las zonas más dañadas, puede provocar que se desplace toda esta carga ganadera a zonas menos





afectadas y que no están blindadas, provocando simplemente un desplazamiento del daño ambiental.

De una forma mucho más restrictiva y tajante ha actuado el gobierno de Castilla-La Mancha. En su caso, en el artículo 5 de la [Ley 1/2022, de 14 de enero, de Medidas Tributarias y Administrativas de Castilla-La Mancha](#) se indica que hasta 2024 en la comunidad no se admitirán solicitudes ni se concederán nuevas Autorizaciones Ambientales Integradas para la instalación de explotaciones ganaderas de porcino ni tampoco solicitudes para ampliar las ya existentes. Solamente se considerarán a trámite las instalaciones porcinas que incorporen sistemas tecnológicos apropiados para el tratamiento, valorización y separación de sólidos-líquidos de purines, siempre que estas tecnologías estén reconocidas como las “Mejores Tecnologías Disponibles” definidas por la Unión Europea.

Confederaciones Hidrográficas de Cuenca

Las Confederaciones Hidrográficas de cada Cuenca tienen también capacidad para condicionar o impedir la instalación de una macrogranja. Debido al gran impacto que generan estas instalaciones sobre los cauces hidráulicos de dominio público, siempre que se va a realizar una ampliación de una granja industrial o se va a construir una nueva, la administración competente tiene que consultar a la Confederación Hidrográfica correspondiente, ya que son los órganos con competencias en materia de planificación hidrológica, de dominio público hidráulico y en materia de calidad de las aguas. Las Confederaciones deben emitir un informe en el que detallen si existen riesgos ambientales para el cauce público, qué medidas deben tomarse o si existen limitaciones o restricciones respecto a la propuesta inicial en relación con la demanda de agua.

Podemos encontrar diferentes ejemplos en los que las Confederaciones han ejercido esta capacidad para limitar o denegar una autorización ambiental. En [Noviercas](#) (cuenca del río Duero), la Confederación ha denegado el permiso para investigar las aguas subterráneas de la zona con las que querían abastecer al futuro ganado. Debido a la negativa de la Confederación, basándose en que el elevado consumo de agua que demandaban es incompatible con el plan hidrológico, el proyecto actualmente no puede presentarse al no tener asegurada una fuente de agua que supla sus necesidades. Algo similar ha ocurrido en [Arabí](#) (cuenca del Segura), donde la Confederación denegó el cambio de uso de un pozo para que pudiera abastecer una futura macrogranja, alegando que este pozo ya se declaró como sobreexplotado.



En términos generales, la situación del [Ebro](#) es más grave, por lo que la respuesta por parte de la Confederación también es más severa. Recientemente han indicado que no autorizarán usos de agua para nuevas granjas intensivas o la ampliación de las existentes en aquellas zonas con mayores concentraciones de nitratos por los purines que incumplan la normativa europea ([Estrategia NITRACHE](#), Figura 25). Para hacernos una idea de la magnitud de esta medida, solo en la Comunidad de Riegos del Alto Aragón tienen en tramitación 79 expedientes de nuevas granjas y 37 de ampliación y se calcula que la mitad están paralizados, al requerir un informe previo positivo.

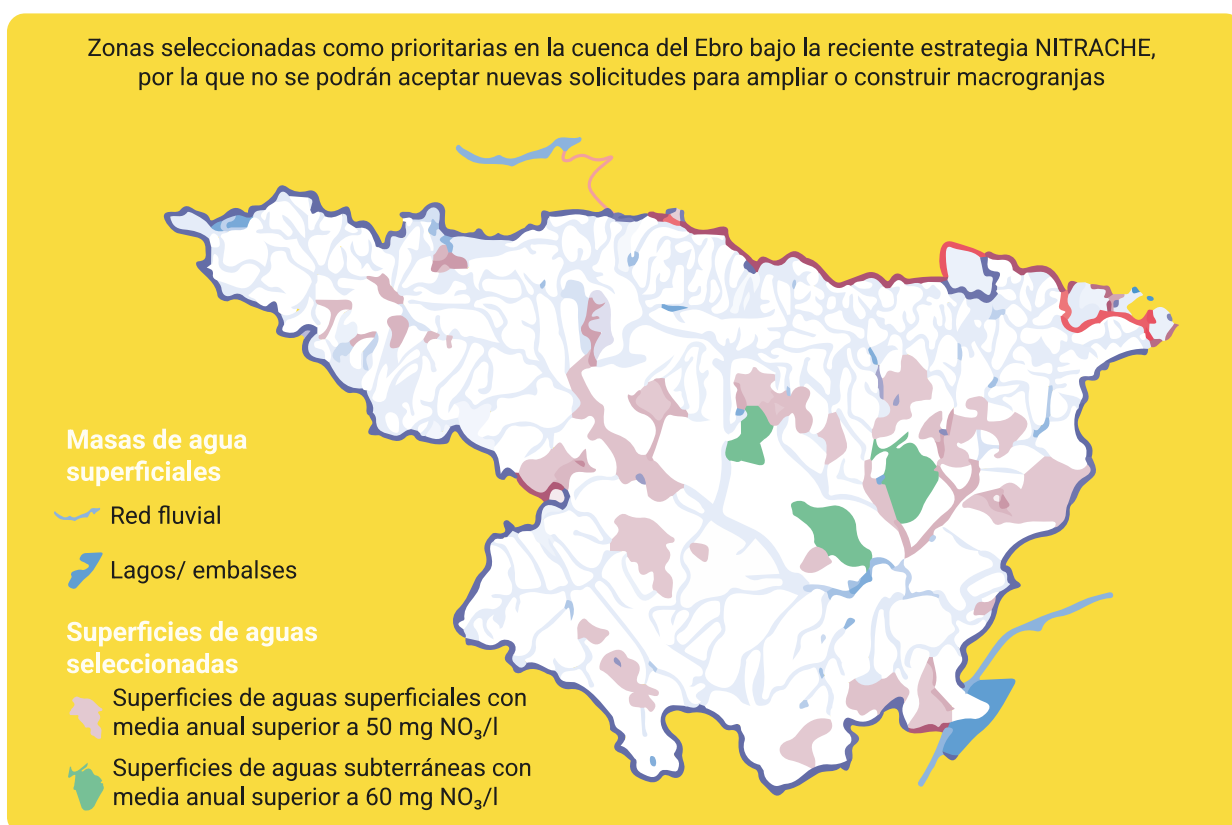
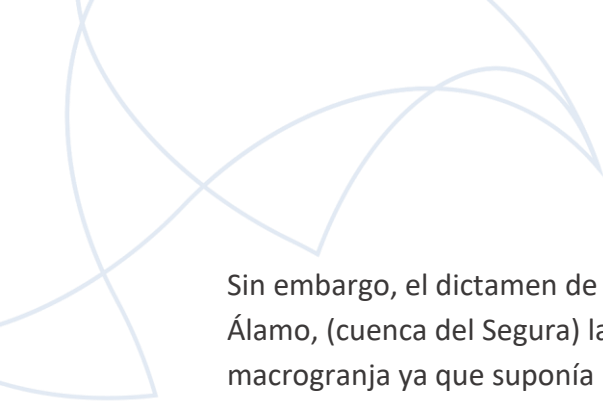


Figura 25. Priorización de superficies de agua para control de contaminaciones difusas.
Fuente: [Estrategia NITRACHE](#).

En otras ocasiones, la Confederación puede determinar que la macrogranja no tiene efectos significativos sobre el medio ambiente ([Ribera](#), en la cuenca del Duero) y se limite a proponer medidas preventivas de obligado cumplimiento, como pueden ser:

- Incluir una lámina impermeabilizante para la base de la balsa de lodos.
- Incluir medidas concretas para la prevención de la contaminación por fugas o vertidos accidentales.
- Tener un plan de evacuación o vertido de las aguas que se bombearán durante las labores de limpieza y aforo del sondeo.





Sin embargo, el dictamen de la Confederación no es siempre mandatorio. En Fuente Álamo, (cuena del Segura) la Confederación rechazó la ampliación de una macrogranja ya que suponía un aumento de la presión sobre distintas masas de agua contaminadas por nitratos, entre ellas la rambla del [Albujón](#), el acuífero que abarca gran parte de la comarca y, por extensión, el Mar Menor. Además, cabe destacar que el terreno sobre el que está la macrogranja y la balsa es una parcela de muy alta permeabilidad a la infiltración en el subsuelo de estos contaminantes derivados de los productos fertilizantes y el estiércol empleado para abonar los campos. A pesar de este informe negativo, el Gobierno de la Región de Murcia ha decidido aprobar la ampliación de esta macrogranja, mientras el promotor se comprometa a aplicar medidas preventivas para disminuir su riesgo ambiental.

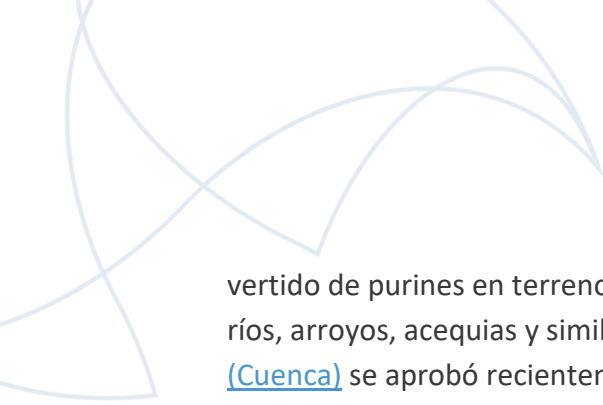
Las Confederaciones también pueden actuar posteriormente, tras comprobar la actividad de la instalación. Por ejemplo, la Confederación del Guadiana sancionó a una granja en los [Almendros](#) por la perforación de pozos irregulares y la Confederación del Segura sancionó a una granja en [Las Torres](#) por el vertido ilegal de purines.

Capacidad local y vecinal

Actualmente, las granjas porcinas industriales son competencia de las comunidades autónomas por lo que cualquier medida que se quiera adoptar desde un nivel municipal para evitar la instalación de una macrogranja puede ser anulada posteriormente. Esta situación ya ha tenido lugar a finales de 2022, cuando el municipio de [Almendros](#) (Cuenca) aprobó anteriormente una ordenanza municipal para limitar, en gran medida, el uso de los purines en el municipio de manera que impedía la aplicación real de los purines dentro del territorio. Esta ordenanza fue recurrida por una empresa instalada en dicho municipio y el Tribunal Superior de Castilla-La Mancha determinó que dicha ordenanza es nula ya que introduce criterios más restrictivos para la aplicación de purines que los previstos en la normativa aplicable a las zonas vulnerables por contaminación de nitratos de origen agrario y considera que la aplicación del contenido de la ordenanza implica la práctica prohibición de una actividad perfectamente legal, puesto que las limitaciones que comprende suponen una prohibición encubierta de la valorización agronómica de los purines.

Otros municipios sí que han logrado reducir el impacto de estas macrogranjas en sus territorios, pero para ello sus ordenanzas con relación al vertido de purines no debían ser tan exigentes como para prohibir de forma indirecta la actividad ganadera. Por ejemplo, en [Quintanar del Rey \(Cuenca\)](#) las medidas incluían la estanqueidad de los vehículos que transporten purines, la prohibición de tránsito por el núcleo urbano y el



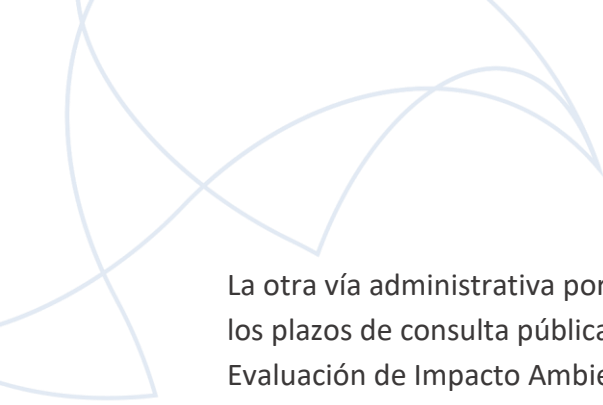


vertido de purines en terrenos que no sean fincas rústicas de labor o en los cauces de ríos, arroyos, acequias y similares. Por incluir otro ejemplo, en [Motilla del Palancar \(Cuenca\)](#) se aprobó recientemente una ordenanza para regular el transporte, la distribución y el vertido de purines que impide verter residuos a menos de 5 kilómetros de la localidad o de zonas declaradas de interés. Tampoco se podrán verter residuos de granjas instaladas en otros municipios y cada solicitud de vertido se expondrá a exposición pública y se podrán presentar alegaciones.

Solo en algunos casos, y bajo condiciones muy precisas, es posible que los municipios puedan dictar normas para impedir la ubicación de estas instalaciones. Eso es lo que ha sucedido en [Daimiel \(Ciudad Real\)](#), donde a principios de 2022 aprobaron un nuevo Plan de Ordenación Municipal (POM) para proteger el Parque Natural de las Tablas de Daimiel. En este nuevo POM las granjas industriales se incluyen dentro de los usos incompatibles con el territorio debido al riesgo de contaminación por nitratos tanto en el suelo como en un acuífero ya sobreexplotado. Esto demuestra que los planes y las leyes de ordenación urbanísticas pueden servir de herramienta para protegerse contra este tipo de instalaciones, como ha ocurrido en el municipio de [Bailén \(Jaén\)](#), donde se quería instalar una macrogranja entre dos localidades limítrofes. La [Ley de Ordenación Urbanística de Andalucía](#) protege al suelo rural y necesita que cualquier edificación en terrenos no urbanizables se declare de Interés Público para ser aprobada. En este caso, el ayuntamiento de Bailén, basándose en el trabajo de técnicos y de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, rechazó catalogar a la macrogranja como de Interés Público y, por tanto, la propuesta quedó rechazada. Una estrategia similar se adoptó en el ayuntamiento de [Huelma \(Jaén\)](#) donde denegaron un proyecto basándose en el mismo principio de no declarar de Interés Público la instalación de una macrogranja en terreno no urbanizable.

Sin embargo, la mayoría de los alcaldes de los municipios que se consideren afectados por este tipo de instalaciones solo pueden mostrar su preocupación y malestar con la propuesta de ubicación. Y en el caso de que el municipio se vea afectado, pero no albergue la granja, no podrá recurrir a ningún plan o ley urbanística para frenar la instalación. En estos casos, una de las formas que han encontrado en algunos municipios es plantear su situación y los riesgos que conllevará la implantación de estas granjas industriales ante los órganos legislativos autonómicos, que sí tienen la capacidad legislativa para tomar medidas directas. El alcalde de [El Frago \(Zaragoza\)](#) planteó recientemente su preocupación en las Cortes de Aragón ante la posibilidad de que se aprobase una nueva macrogranja en su municipio, ya que existe un riesgo alto de que la demanda hídrica de este proyecto ponga en peligro el abastecimiento de la población.





La otra vía administrativa por la que pueden encauzar su disconformidad es mediante los plazos de consulta pública a las partes afectadas de los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (explicados anteriormente). Esta forma de intervención es la más común debido a que es el principal canal que encuentran los municipios para poder intervenir en la decisión de la ampliación o instalación de una macrogranja en su territorio o en las cercanías de este. En este sentido hay bastantes ejemplos de alcaldes que presentan alegaciones a los proyectos. Por ejemplo, seis alcaldes de la [Ribera del Duero](#) se unieron para presentar alegaciones al proyecto de ampliación de una macrogranja que consideran que les afecta por los problemas anteriormente explicados (contaminación y sobreexplotación de acuíferos y malos olores, entre otros). De la misma forma, el ayuntamiento de [Porzuna](#) (Ciudad Real) presentó alegaciones a la ubicación de dos granjas en un municipio aledaño porque consideraban que infringían la legislación en cuanto a la distancia entre ellas. Al fraccionar el tamaño de las granjas se evitaban ciertos trámites administrativos por no considerarse como instalación industrial, pero la escasa distancia entre ellas las hace operar como una sola macrogranja. Además, señalaban el peligro de contaminación del cauce hidráulico y el daño ambiental (hay zonas de protección ambiental a 600 metros de la ubicación). Incluso, en el municipio de [Cabezón de Pisuerga \(Valladolid\)](#) el propio ayuntamiento se opone de tal manera a estas instalaciones que publicaron un bando pidiendo a la población que formulen alegaciones contra la instalación de una macrogranja, explicándoles los pasos que deben dar para que su queja sea tramitada correctamente.

Los ejemplos de este tipo son incontables, pero cabe mencionar un aspecto importante, y es que, aunque el posicionamiento del ayuntamiento es fundamental a la hora de aunar esfuerzos para la elevación de quejas y alegaciones, no es menos imprescindible la asociación ciudadana. Los numerosos casos de municipios que se han posicionado en contra de la ampliación o instalación de este tipo de granjas suelen conllevar una respuesta ciudadana conjunta ante estas actuaciones. Este tipo de asociaciones son fundamentales porque ofrecen más ventajas que la oposición individual:

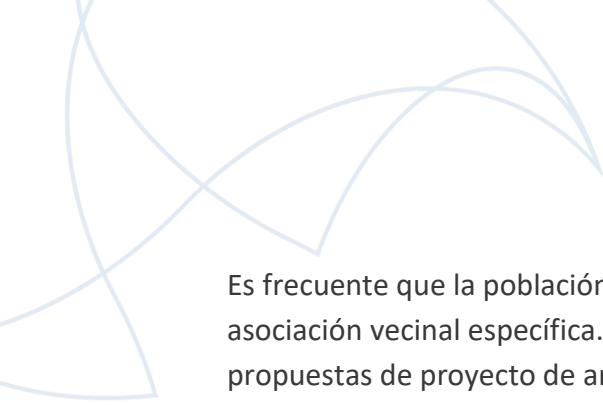
- Centralización de las quejas, alegaciones y evidencias que muestren el impacto negativo, lo que permite que todas las alegaciones que se presenten tengan un fuerte fundamento y una coherencia entre sí.
- Mayor pluralidad y diversidad de opiniones que permite abordar el problema desde diferentes perspectivas e intercambiar experiencias. Facilita identificar nuevas soluciones, riesgos y problemáticas.



- Mayor visibilización del problema. Un gran número de personas oponiéndose a este tipo de actuaciones permite atraer una mayor atención de otros vecinos o, incluso, de la prensa que si la oposición se hace de forma individual.
- Mayor capacidad de debate colectivo para poder determinar la mejor estrategia a seguir en cuanto a la presentación de alegaciones o la visibilización del problema.
- Permite el intercambio de experiencias entre diferentes asociaciones y facilita el aprendizaje a través de los procesos ocurridos en otros territorios.
- Facilita o permite la puesta en marcha de propuestas de mayor alcance, como mesas de firmas en las capitales de provincia o, incluso, la organización de manifestaciones.
- Sirve de elemento cohesionador entre municipios afectados por la misma problemática y ayuda a aunar a la población afectada.
- Facilita el acercamiento a otras asociaciones vecinales que estén pasando o hayan pasado por la misma situación, consiguiendo de esta manera incrementar el alcance.

Este tipo de asociaciones permiten crear experiencia en cuanto a los procesos de participación ciudadana lo cual está en sintonía con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 16.7 “Garantizar la adopción en todos los niveles de decisiones inclusivas, participativas y representativas que respondan a las necesidades” y es uno de los objetivos de la Agenda 2030.





Es frecuente que la población de los municipios afectados se organice y creen una asociación vecinal específica. Aunque se podrían dar casi tantos ejemplos como propuestas de proyecto de ampliación o de instalación de macrogranjas se han presentado, solo se destaca la plataforma “[STOP Ganadería Industrial](#)”. Esta plataforma reúne a más de 70 movimientos vecinales de todo el país que se oponen a este tipo de ganadería. También cuentan con el apoyo de siete organizaciones internacionales y nacionales para la elaboración de documentación e informes. Actualmente se dedican a dar respaldo a aquellas asociaciones de vecinos que se encuentren bajo esta misma problemática, ofreciéndoles la experiencia obtenida al haber conseguido paralizar o rechazar algunos proyectos de macrogranjas y aportándoles recursos útiles a la hora de presentar alegaciones, como una [guía jurídica](#), [una calculadora de impactos ambientales](#) de una macrogranja porcina o el acceso a informes y otro material de consulta.

Capítulo 4. Medidas preventivas y correctivas

Evaluación del impacto ambiental de las macrogranjas porcinas y su relevancia en el contexto nacional



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Capítulo 4. Medidas preventivas y correctivas

Como ya se ha expuesto en los capítulos anteriores, las granjas industriales porcinas presentan una serie de riesgos e impactos ambientales que provocan que su implantación sea conflictiva y perjudicial en muchos casos si no se aplica un control asociado. Para evitar o reducir este tipo de tensiones entre las macrogranjas y los vecinos y poder reducir su impacto ambiental, estas instalaciones deberían aplicar medidas preventivas y correctivas. En el marco de las actividades industriales con mayor impacto ambiental, la Unión Europea aprobó la [Directiva 2010/75/UE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). Uno de los aspectos más importantes de esta normativa es la definición de “Mejores técnicas disponibles” (MTD). Las MTD son aquellas tecnologías que han demostrado reducir el nivel de contaminación o riesgo ambiental, que además presentan diferentes casos de estudio favorables que avalen su aplicación y son tecnológica y económicamente factibles. De esta Directiva surgen diferentes documentos donde se recogen las MTD para distintos tipos de industria. Para el caso de las granjas intensivas de cerdos se aprobó la [Decisión de ejecución \(UE\) 2017/302 de la Comisión de 15 de febrero de 2017](#). En este documento se recogen las MTD y las buenas prácticas ambientales para diferentes cuestiones relacionadas con las macrogranjas (reducción de olores, ruidos, gestión de purines, consumo de agua...).

Con relación a la Directiva de 2010, en España tenemos el [Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación](#). Según esta normativa, todas las nuevas instalaciones de macrogranjas o la ampliación de estas deben tener una Autorización Ambiental Integrada (AAI) que incluya los valores límites de emisión. En el caso de las granjas porcinas el valor de emisión hace referencia únicamente a la cantidad de nitrógeno y fósforo excretada por animal y año (entre 17 y 30 kg de nitrógeno y de 9 a 15 Kg P, para las cerdas reproductoras). La AAI debe incluir, entre otros aspectos:





Figura 27. Aspectos de la Autorización Ambiental Integrada.
Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, en el caso de las granjas industriales porcinas los valores máximos de emisión solo están referidos a la cantidad de N y P excretado, por lo que solo se aplica a las técnicas de alimentación, elaboración de piensos, etc. y **no tienen en cuenta la gestión de los purines u otras fuentes contaminantes**. La importancia y relevancia de estas MTD es tal que pueden ser determinante para aprobar la solicitud de una macrogranja (o su ampliación), tal y como se explicó en el anterior capítulo sobre la moratoria aplicada en Castilla-La Mancha en el artículo 5 de la [Ley 1/2022, de 14 de enero, de Medidas Tributarias y Administrativas de Castilla-La Mancha](#).

En los siguientes apartados se desarrollarán algunas de las MTD más relevantes, junto con otras técnicas que, aunque no se consideren MTD, existen referencias de sus buenos resultados.



Reducción de impactos sociales

Ruidos

Como se ha visto en el Capítulo 2 sobre los impactos ambientales, los malos olores y el ruido suelen ser impactos que vienen asociados a las macrogranjas, debido a la cercanía de estas instalaciones a los municipios aledaños.

Aunque pueden aplicarse multitud de técnicas para minimizar el impacto acústico de los motores, bombas, compresores... (como aislar vibraciones, insonorizar edificios, confinar equipos ruidos, etc.) la principal queja proviene del ruido generado por los propios animales. En este caso, las medidas que aplicar son mucho más limitadas y poco variadas. La primera de ellas, la más útil y práctica de todas, es distanciar lo máximo posible estas instalaciones de los municipios (por encima de los niveles mínimos legales permitidos, un kilómetro, siempre que sea posible). Por otro lado, como uno de los momentos en los que los cerdos se agitan más es durante la alimentación, se recomienda cerrar puertas y aberturas importantes del edificio, especialmente durante el tiempo de alimentación y siempre que se pueda, y emplear sistemas de alimentación que reduzcan los estímulos anteriores a la comida (p. e. tolvas de almacenamiento, alimentadores pasivos ad libitum, alimentadores compactos, etc.).

Olores

En cuanto a la minimización de olores existen diferentes medidas:

- La primera medida es compartida con los ruidos, a mayor distancia con los receptores, menor impacto se genera. En este caso, es importante conocer la dirección principal del viento en la zona, ya que los olores se propagarán principalmente por el aire. También es recomendable incluir barreras vegetales que generen turbulencias en el aire y en la propagación de los olores. Sin embargo, esto no siempre es posible, bien porque las ubicaciones están acotadas o porque la granja ya está construida, por lo que será necesario aplicar otras medidas.
- Como el principal foco de olor es el purín y las deyecciones de los cerdos, lo óptimo es reducir la emisión de olores de las balsas de almacenamiento de purín. Para ello se puede reducir la superficie expuesta de la balsa, cubrirla, reducir la agitación y bajarle la temperatura (a menor temperatura, menor intercambio del amoníaco con la atmósfera).
- Por otro lado, la concentración de los animales también es otro foco importante de olores. Por ello, se deben mantener las superficies y a los



animales lo más secos y limpios posible, derivar las deyecciones recogidas cuanto antes a la balsa externa de almacenamiento, emplear los mejores sistemas de evacuación del aire y tratar este aire con algún sistema de depuración de gases, como biofiltro o lavador de gases.

- Como uno de los principales generadores de olor es el amoníaco, se pueden emplear sistemas cuya finalidad es atrapar el NH_3 presente en la corriente de aire que extraer y retenerlo bajo la forma de NH_4 , que es mucho más soluble en agua. Para ello, se hace pasar la corriente de agua por una serie de duchas donde se aplica algún reactivo (como ácido sulfúrico, H_2SO_4 , por ejemplo) para que reaccione con el NH_3 y lo transforme en el fertilizante sulfato amónico ($\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$). En la Figura 28 se puede ver el esquema de funcionamiento de un lavador de NH_3 presente en el aire. También es muy recomendable incorporar paredes vegetales en el exterior que permitan crear turbulencias en las corrientes de aire para que los olores no se desplacen de una forma tan dirigida.

Otro aspecto importante que tener en cuenta es la meteorología del momento de aplicación del purín como fertilizante. Teniendo en cuenta su mayor dispersión con el viento, que la temperatura favorece la emisión de NH_3 y que, por el contrario, la humedad permite retener estas emisiones, los días más favorables para aplicar el purín serán los días con ausencia de viento, con bajas temperaturas y húmedos (que no lluvioso) (Gobierno de Navarra, 2005).

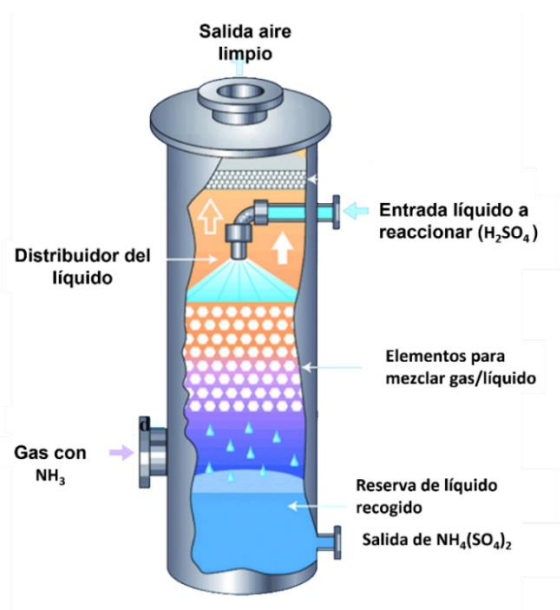


Figura 28. Funcionamiento de un lavador de gases cuando el aire de entrada presenta NH_3 .
Fuente: modificado de [Wet-Scrubbers](#).



Transmisión de enfermedades

Como ya se ha explicado, estas instalaciones suelen atraer a insectos y roedores que, además de ser molestos, pueden propagar enfermedades, por lo que es necesario realizar un control dinámico de estos vectores de transmisión de enfermedades. Por ejemplo, las moscas pueden retener patógenos en sus patas y otras partes del cuerpo que ha retenido al posarse o alimentarse de los excrementos. Al posarse en un nuevo lugar, estos patógenos pueden ser transferidos y así contribuir a su propagación. Esto también ocurre con las excreciones de las moscas, que pueden contener huevos de algunos patógenos.

Entre los mecanismos que se pueden emplear para controlar la población de estos insectos están los métodos biológicos, los químicos, los mecánicos y un control integral.

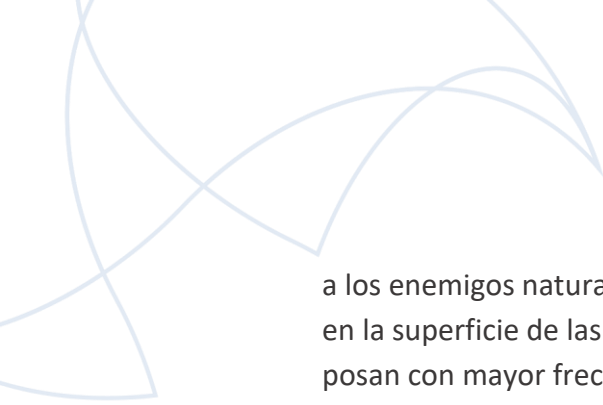
- Con los métodos biológicos se busca fomentar la actividad de organismos que depredan a estos otros insectos o larvas y sus huevos, como pueden ser las avispas (WEEDEN, SHELTON, LI, & HOFFMANN, 2001). Estas pueden llegar a reducir hasta la mitad el número de huevos y larvas de un nido de moscas, mediante depredación y parasitismo (Figura 29).



Figura 29. Avispa *Muscidifurax raptor* parasitando una pupa de una mosca.
Fuente: [Universidad de Florida](#).

- El control químico está más extendido por su facilidad de aplicación al no depender de la actividad de otros individuos. Estos compuestos químicos no deben ser añadidos sobre el propio excremento, ya que no llegan a penetrar en las zonas donde las moscas desarrollan su actividad y, además, pueden afectar





a los enemigos naturales de las moscas. Se recomienda emplear los insecticidas en la superficie de las infraestructuras donde se observe que las moscas se posan con mayor frecuencia, como las paredes con orientación sur, ya que absorben más calor durante el día, o los techos de los pabellones. También se debe eliminar toda la maleza que brote en las cercanías. Un buen complemento es el uso de cebos, que pueden ser comprados o fabricados artesanalmente con una mezcla de alcoholes fermentados, como cerveza y azúcares.

- En cuanto al control mecánico, este es más simple y limitado, ya que se trata de incluir mallas y rejillas en las zonas que las moscas pueden utilizar para poner sus huevos.
- El control integral hace referencia a poder controlar el desarrollo de la mosca en su etapa larvaria. Principalmente, se trata de convertir los ambientes de cría en zonas inhóspitas para las larvas, reduciendo la humedad de estos sitios hasta que mueran. Algunos de los puntos clave en los que enfocar esta tarea pueden ser los pozos, los corrales, las excretas en riego y las excreciones acumuladas. Con la combinación de estas técnicas se puede lograr reducir hasta en un 80% la cantidad de moscas adultas que se desarrollan en las granjas porcinas (INIA, 2005).

Reducción de impactos atmosféricos

Emisión de NH₃

Como se ha indicado anteriormente, el amoníaco es uno de los principales generadores de olor, por lo que se pueden aplicar las mismas medidas que para la minimización de olores. El amoníaco es liberado a la atmósfera casi en su totalidad en las balsas de purines y en la aplicación de estos (en una proporción similar), por lo que nos centraremos en estas dos etapas.

En cuanto a las balsas de purines, la solución más eficaz es su cubrición. Lo ideal sería una cubierta rígida que permita la recolección de los gases en la parte más superior para su posterior tratamiento y depuración empleando las técnicas de biofiltros o biolavadores. Sin embargo, este tipo de techado puede ser excesivamente costoso y puede haber limitaciones estructurales. Una alternativa pueden ser cubiertas flexibles, siempre que las condiciones meteorológicas lo permitan. Aunque lo común es aplicar cubiertas flotantes de diversa índole (Figura 30), lo más económico es dejar que el propio purín genere una costra natural que evite el escape del amoníaco. Pero, este proceso en climas fríos o con purines con bajo contenido en materia seca no es factible y tampoco en aquellos con una agitación y llenado/vaciado que pueda afectar a las capas superiores. Cuando las balsas no son grandes, es posible añadir láminas de plástico flexible en la superficie o materiales ligeros para minimizar este contacto con la atmósfera, siempre teniendo en cuenta que no haya problemas a la hora de agitar la balsa.



Figura 30. Cubierta flotante de esferas (de panel flotante) y costra natural generada en la superficie de una balsa de purines.

Fuente: Campoalego.com.



Otra medida muy efectiva es acidificar la orina de los cerdos en los canales donde se recoge. La acidificación (suele hacerse con ácido sulfúrico) actúa de dos maneras; en primer lugar, desplaza el equilibrio entre $\text{NH}_4 \leftrightarrow \text{NH}_3$, favoreciendo que el nitrógeno se encuentre bajo la forma soluble en agua, el NH_4 . Por otro lado, los valores de pH ácidos inhiben la ureasa, la enzima encargada de hidrolizar la urea ($\text{CH}(\text{NH}_2)_2$), (principal componente de la orina) en NH_3 (Moraes, Burgos, DePeters, Zhang, & Fadel, 2017). De esta manera se reduce la cantidad de NH_3 que se genera y se consigue que el poco que se genere se quede atrapado bajo la forma de NH_4 .



Como el principal uso que se le da al purín es su aplicación como fertilizante agrícola, también se recogen algunas medidas que permiten reducir la emisión de amoníaco en esta aplicación. Dado que el principal motivo de que el amoníaco termine en la atmósfera es por el intercambio gaseoso, lo más lógico es inyectar el purín en los surcos en vez de aplicarlo como riego o emplear mecanismos para enterrarlo (Figura 31). Sin embargo, esto no es posible en suelos pedregosos, poco profundos o compactados y tiene limitaciones por los daños que pueda sufrir el cultivo debido a la maquinaria necesaria. También se ha comprobado que cambiando el sistema de aplicación por esparcido por un sistema de tubos o zapatas colgantes se puede reducir notablemente la emisión de amoníaco a la atmósfera ya que no se generan microaerosoles de amoníaco y el fertilizante es introducido en la tierra (Tabla 2).

Tabla 2. Reducción de emisiones de olores y de NH_3 respecto al sistema de abanico (Guinand N, 2022)		
Método	Emisiones de NH_3	Emisiones de olor
Enterrando o inyectando	Hasta 90%	Hasta 90%
Brazos de tubos colgantes	Entre 54-80%	Entre 40-50%

Tabla 2. Disminución de la liberación de olores y de amoníaco en comparación con el sistema de ventilación tradicional (Guinand N, 2022).

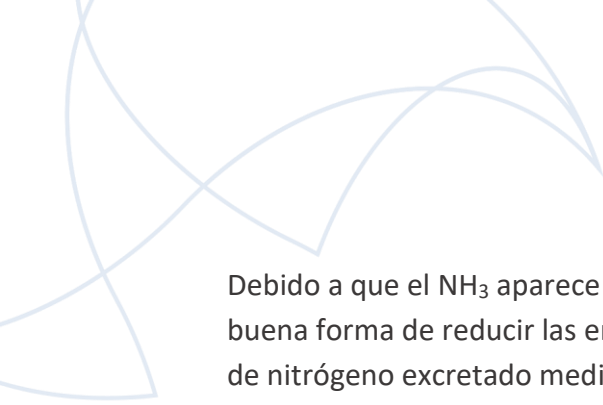
Fuente: elaboración propia.



Figura 31. Sistemas de tubos colgantes y enterradores para la aplicación de purines.

Fuente: [Heraldo](#) y [Joskin](#), respectivamente.





Debido a que el NH_3 aparece en los purines por las deyecciones de los cerdos, una buena forma de reducir las emisiones de este contaminante es reduciendo la cantidad de nitrógeno excretado mediante una correcta alimentación. Para ello se puede apostar por reducir el contenido de proteína bruta mediante una dieta equilibrada en nitrógeno, combinándolo con la adición de cantidades controladas de aminoácidos esenciales digeribles, empleando alimentadores multifase del pienso, adaptadas a las necesidades del cerdo según su periodo reproductivo. También se pueden suministrar aditivos autorizados para piensos que reduzcan el nitrógeno total excretado.

Emisión de CH_4

En el caso del metano, claramente las medidas más efectivas están relacionadas con el aspecto nutricional, ya que esto es lo que va a determinar la cantidad de materia orgánica que no es digerida y que, por lo tanto, es fermentada por las bacterias dentro del tracto digestivo del animal. Por un lado, la sustitución de almidones en la dieta por diferentes tipos de fibras permite mejorar la asimilación del nitrógeno, pero la fibra es una materia fermentable, por lo que se incrementa la cantidad de CH_4 producido dentro del animal. Sin embargo, se pueden emplear fibras poco fermentables, que apenas provoquen emisión de CH_4 dentro del animal, pero que posteriormente presentan un buen potencial para la producción de biogás, si se emplea un tratamiento de digestión anaerobia para el purín (esta técnica se explica más adelante) (Jobany Morazán Nuñez, 2015).

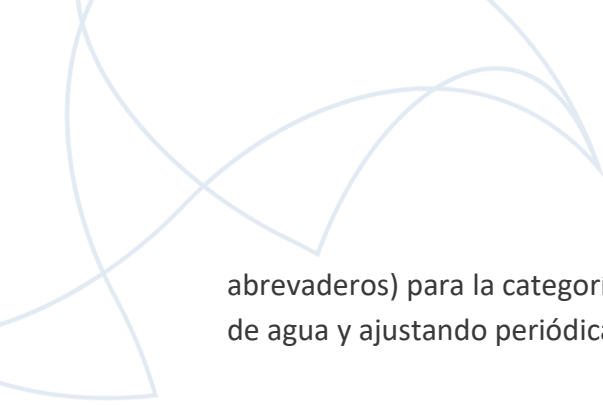
Reducción de impactos hídricos

Como se ha mencionado anteriormente, las Confederaciones Hidrográficas son las encargadas de velar por el cumplimiento de las directivas relativas a la calidad del agua y de asegurar el correcto abastecimiento de agua potable para los diferentes consumidores. Por este motivo no se van a analizar medidas relativas a la ubicación de las macrogranjas, ya que diferentes resoluciones y sanciones avalan el buen hacer de estos organismos para mantener los recursos hídricos, como queda reflejado en los ejemplos expuestos anteriormente de [Noviercas](#) y la Cuenca Hidrográfica del Duero y de [Arabí](#), en la Cuenca del Segura.

Reducción de consumos de agua

Las instalaciones intensivas porcinas tienen un consumo mínimo de agua asociado al propio abastecimiento de los animales, que debe estar asegurado. Sin embargo, este consumo a veces es más elevado que el necesario debido a que se aplican equipos poco eficientes con el uso del agua, por lo que sería conveniente seleccionar y utilizar equipos adecuados (por ejemplo, bebederos de cazoleta, bebederos circulares o





abrevaderos) para la categoría específica de animales, garantizando la disponibilidad de agua y ajustando periódicamente la calibración de los equipos.

Sin embargo, el principal consumo de agua proviene del lavado e higienización de las instalaciones, siendo la evacuación de deyecciones la actividad que más agua consume. En este sentido, apostar por otros sistemas de evacuación, como dejar fluir por gravedad hacia un pozo interior, seguido de un bombeo hacia la balsa de purines, puede ser una buena alternativa para reducir este consumo de agua, siempre que sea posible y no se favorezca la obstrucción de las canaletas de recogida. En las macrogranjas no es frecuente que se separen las aguas pluviales de las residuales, mezclándose ambas como agua residual. La recogida separada de las aguas de lluvia puede permitir reducir considerablemente (en función del clima de la zona) la cantidad de agua empleada, ya que esta agua se puede emplear sin problemas para la limpieza y evacuación de los excrementos de las canaletas.

Reducción de compuestos nitrogenados en el agua y en aguas residuales

Algunas de las medidas explicadas y justificadas también son de aplicación para reducir la cantidad de nitrógeno que llega al purín. Todas las medidas relacionadas con la alimentación de los cerdos con el fin de reducir la cantidad de nitrógeno excretado también son válidas para este caso. Por supuesto, con el fin de reducir la cantidad de agua residual generada, también son de aplicación las medidas orientadas a reducir el consumo hídrico de las instalaciones, ya que toda el agua que se consume posteriormente será tratada como agua residual. En este aspecto, cabe recordar la importancia de separar el agua recogida por precipitación de la propia agua residual generada, porque así la cantidad de agua que tratar será menor. Por otro lado, la cubrición de las balsas de purines juega un papel importante. En este caso no es por la emisión de NH_3 a la atmósfera, sino porque al techar la instalación se evita que el agua de lluvia se mezcle con el purín. De esta manera se puede reducir el volumen de purín que gestionar y evitar la dilución de los compuestos presentes mejorando así su aplicación, porque si el purín está diluido con aguas de lluvia, será necesario aplicar una mayor cantidad al suelo para poder aportar la misma cantidad de nitrógeno que si estuviese concentrado. Al aplicar un mayor volumen de purín, es más probable que el suelo se sature de agua y por lo tanto tenga lugar la infiltración del purín restante a capas inferiores o acuíferos.

Durante el almacenamiento del purín es posible realizar algunas medidas preventivas y correctivas que logren reducir la cantidad de purín que puede infiltrarse. La principal, y sobre la que se sustentan el resto, se basa en la buena elección de la zona para establecer la balsa de purines.



Figura 32).

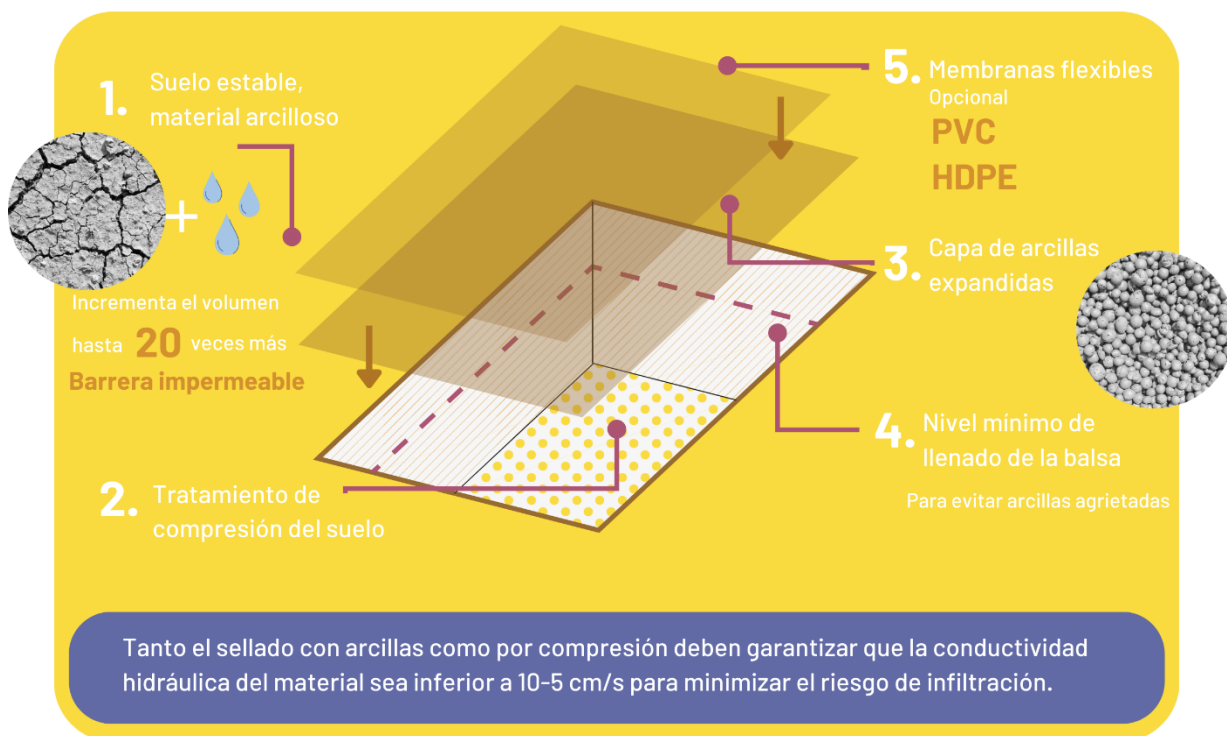


Figura 32. Almacenamiento de purines.
Fuente: elaboración propia.

A continuación se incluyen dos tablas (Tabla 3 y Tabla 4) (extraídas de INIA, 2005) que pueden ser de ayuda a la hora de escoger el material de sellado, según la textura del suelo y la distancia al nivel freático.

Tabla 3. Tipo de revestimiento o sellado recomendado según la textura del suelo	
Arenoso	Membrana polietileno HPDE
Areno franco	Membrana polietileno HPDE
Franco arenoso	Membrana polietileno HPDE/arcilla compactada
Limoso	Sellado por compresión/arcilla compactada
Franco arcilloso	Por compresión/arcilla compactada
Arcilloso limoso	Por compresión/arcilla compactada
Arcilloso	Por compresión

Tabla 3. Sugerecias para el revestimiento o sellado ideal en función de la textura del suelo.
Fuente: elaboración propia.



Tabla 4. Tipo de revestimiento o sellado recomendado según la distancia al nivel freático

< 6m	Membrana polietileno HPDE
6-10 m	Con arcilla compactada
10-15 m	Con arcilla compactada
15-20 m	Sellado por compresión/arcilla compactada
20-25 m	Por compresión/arcilla compactada
> 25m	Por compresión/arcilla compactada

Tabla 4. Recomendaciones de revestimiento o tratamiento adecuado en función de la profundidad del nivel freático.
Fuente: elaboración propia.



Figura 33. Balsa de purines sellada con membrana geotextil.
Fuente: [IMCUR](#).

Gestión de los purines

Como siempre es mejor adelantarse a los posibles errores o fallos que puedan ocurrir, es recomendable construir un sistema de detección de fugas (como por ejemplo una geomembrana, una capa de drenaje y un sistema de conductos de desagüe) junto con instalaciones y equipos para recoger y transferir los purines en caso de que exista fuga (fosas y canales, desagües, estaciones de bombeo...).

Por otro lado, aunque la gestión actual del purín consiste principalmente en su deposición como fertilizante para uso agrícola (menos del 8% del purín generado en la Unión Europea tiene otro uso distinto a ese, (MAPA, 2021b)), existen diferentes alternativas de tratamiento y de gestión que permiten reducir notablemente el riesgo ambiental de este residuo. De entre las diferentes alternativas existen algunas muy asentadas y con amplio recorrido que están enfocadas únicamente en reducir la carga



contaminante del purín, mientras que, poco a poco, se han ido instalando y desarrollando nuevas tecnologías que permiten no solo eliminar ese exceso de nitrógeno y materia orgánica, sino valorizar energéticamente esta corriente y recuperar los recursos presentes en el purín. Entre las tecnologías más extendidas indicamos cuatro de ellas: **Procesos de separación mecánica, compostaje, nitrificación-desnitrificación y digestión anaerobia.**

Separación mecánica

La separación mecánica sólido-líquido permite obtener dos corrientes diferenciadas a través del purín. Una corriente sólida, que supone el 10-25%, en función de la cantidad de materia seca y suspendida que presente el purín, donde se concentra la materia orgánica y el fósforo. Por otro lado, se obtiene una corriente líquida, del 75 al 90% del volumen total, donde es el nitrógeno el nutriente concentrado. Existen múltiples tecnologías que permiten este fraccionamiento.

Esta separación permite generar dos subproductos con mejores propiedades para el manejo y el transporte; el sólido puede disponerse para su uso o higienizarlo en eras de secado y el líquido puede ser bombeado por tuberías, reduciendo así el riesgo de infiltración y de pérdida de NH_3 a la atmósfera.

-Decantación: es el mecanismo más sencillo y con menor coste energético. Consiste en una estructura cónica en la que se retiene el purín durante varias horas, para que el material suspendido termine por decantar al fondo, mientras que el material soluble es recogido por rebose en la superficie. A pesar de que puede ofrecer buenos rendimientos, este equipo necesita grandes extensiones de terreno y mantiene el problema de escape de NH_3 a la atmósfera, si se encuentra abierto.

-Tamices: los tamices son un conjunto de mallas y rejas de un bajo tamaño por donde se fuerza a pasar el purín. Esta técnica es efectiva para retener sólidos de gran tamaño y suele ser empleada como tecnología de pretratamiento, para que estos materiales de tamaño grande o mediano no dañen las infraestructuras posteriores. Estos equipos suelen tener un coste de aplicación de 0,35 €/m³ y su coste de instalación ronda los 25.000 € para sistemas que traten de 2 a 3m³/h (Campogalego.com).

-Filtros prensa de tornillo sin fin: en este caso los purines se introducen en una malla cilíndrica en cuyo interior se encuentra un filtro en forma de tornillo sin fin. Variando la presión entre la malla y el tornillo, se puede incrementar la eficacia de separación. El líquido es extraído por los poros de la malla mientras que el sólido deshidratado se recoge en el extremo opuesto a la entrada (Figura 34). En este caso la eficacia de



separación de humedad es elevada, de un 80%, y si se le acopla un sistema de vibración se puede subir este porcentaje de deshidratación (INIA, 2005). Estos equipos suelen tener un coste de aplicación entre 0,5 € y 0,9 €/m³ y su coste de instalación está entre 17.000 € y 21.000 € para sistemas que traten de 2 a 3m³/h (Campogalego.com).

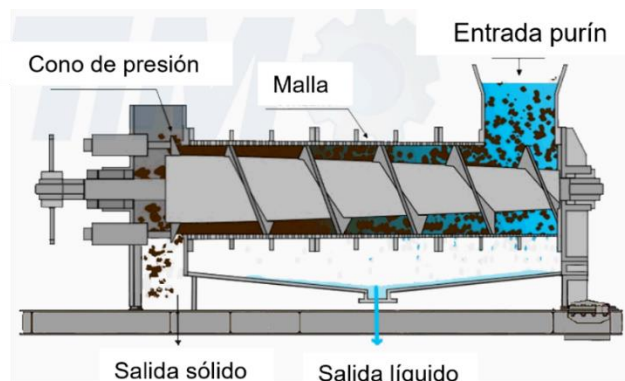


Figura 34. Filtro prensa de tornillo sin fin.

Fuente: Rtres.es.

-Centrífuga: este mecanismo se basa en la sedimentación forzada por la propia fuerza centrífuga. El purín se introduce en un tambor rotatorio y debido a las altas velocidades de giro y las diferencias en la densidad, el sólido queda retenido como una torta en el fondo, mientras que el líquido queda separado en la capa superior (Figura 35). Este sistema no presenta tan buenos rendimientos como los filtros prensa debido a que se basa en la diferencia de densidades (INIA, 2005). Este es el equipo con mayor coste de aplicación, entre 0,6 € y 2,3 €/m³ y su coste promedio está entre 40.000 € y 60.000 €, pero es el sistema que mejor resultados ofrece.

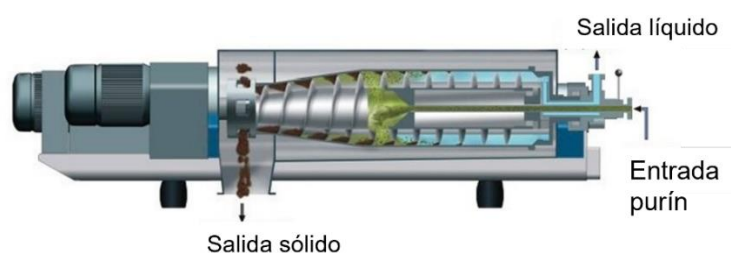


Figura 35. Centrífuga para separación sólido-líquido.

Fuente: laqua.es.

Todos estos sistemas pueden ver mejorados sus rendimientos mediante la aplicación de algún coagulante y floculante. Estos reactivos lo que buscan es desestabilizar a las partículas más pequeñas, las que fácilmente pueden terminar en la corriente soluble siendo material particulado. Los reactivos hacen que estas partículas pequeñas se agreguen entre ellas formando partículas más grandes para que puedan ser atrapadas mediante estas técnicas de separación. Además, debido a los principales coagulantes que se emplean (sales de hierro), cuando se aplica esta técnica, la retención de fósforo alcanza valores superiores al 90%.



Compostaje

Mediante la técnica del compostaje se logra convertir la fase sólida del purín del cerdo en un material fertilizante más estable y seguro que con su aplicación directa. El compostaje es un proceso que tiene lugar en la naturaleza, pero que con la acción humana se pueden reducir los tiempos necesarios hasta alcanzar el producto deseado a partir de los residuos iniciales. En este proceso se convierte el residuo orgánico en un producto orgánico estable, para unas condiciones ambientales determinada y, además, esteriliza el purín.

Para poder mantener un buen grado de aireación dentro de las hileras el material debe ser volteado periódicamente. Este sistema permite obtener un producto seco más rápidamente y con un menor coste inicial, sin embargo, durante el volteado se producen olores, es el sistema que más espacio ocupa, depende de la meteorología y presenta elevados costes de mantenimiento. En el caso de las pilas estáticas, también se realizan hileras, pero estas son de mayor volumen. La principal diferencia es que se incluye un sistema de aireación forzada para poder airear el interior de la hilera sin necesidad de voltear. Aunque en este caso siguen existiendo los inconvenientes asociados al espacio ocupado, y a pesar del coste de mantenimiento (incrementado por los costes de aireación) y la dependencia de la meteorología, se logra un producto más estabilizado y esterilizado y se minimizan los olores. Por último, cuando se emplean contenedores para llevar a cabo el proceso, las variables están más controladas, por lo que se obtiene un producto de mayor calidad en menos espacio. Sin embargo, este sistema requiere un capital inicial mayor y equipos y formación especializada (INIA, 2005).

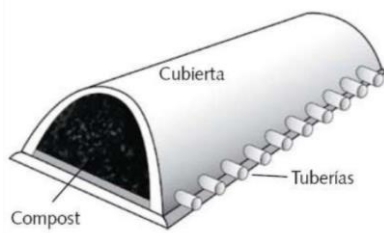


Figura 36. Pilas de compost pasivas con cubierta (izquierda) y al aire libre (derecha).
Fuente: Salazar Arce, 2014.



Nitrificación- Desnitrificación

Tras estas etapas previas de pretratamiento de los purines se pueden aplicar otros procesos que permitan reducir la carga contaminante de cada corriente. La corriente líquida obtenida presenta una elevada concentración de nitrógeno, por lo que las tecnologías planteadas están enfocadas a la neutralización de este contaminante. El proceso más común para reducir el nitrógeno en las corrientes líquidas es el proceso biológico de Nitrificación-Desnitrificación. Este proceso es el que se emplea en la mayoría de las depuradoras de aguas residuales urbanas, por lo que es un proceso muy bien conocido y estudiado y de fácil aplicación.

El proceso de Nitrificación-Desnitrificación es un proceso biológico que involucra a diferentes bacterias encargadas de transformar el NH_4 presente en el purín en una forma inerte de nitrógeno, el nitrógeno gas (N_2). Para poder llevar a cabo este proceso, las bacterias necesitan la inyección continua de oxígeno y de materia orgánica para poder crecer. En este caso la materia orgánica no es necesario añadirla porque pueden emplear la que contiene el purín.

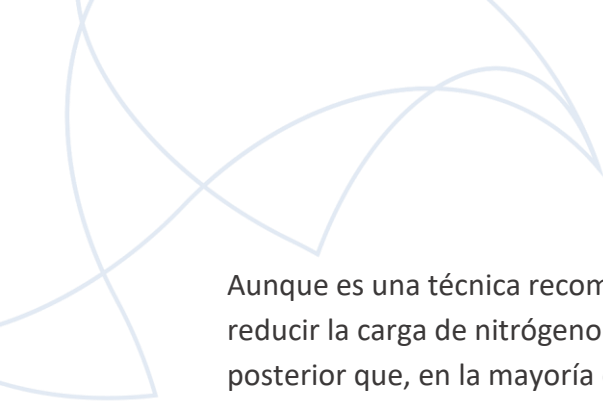
Tras esta etapa, se requiere de un proceso de decantación para separar las bacterias que han crecido gracias al nitrógeno y la materia orgánica del purín de la corriente líquida ahora con una carga contaminante aceptable. La fracción sólida obtenida en este proceso puede ser destinada a uso agrícola tras su estabilización. En el Anexo se incluye una descripción más detallada de estos procesos biológicos, así como la configuración del reactor.

Digestión anaerobia

La otra alternativa de tratamiento que a veces se emplea con los purines es la digestión anaerobia. Este proceso consiste en transformar la materia orgánica presente en el purín en un fango estabilizado y desinfectado que se puede emplear en agricultura y, a la vez, obtener un biogás enriquecido en metano, es decir, una alternativa a los combustibles fósiles. El proceso de digestión anaerobia encadena varios procesos biológicos, todos ellos en ausencia completa de oxígeno, donde la materia orgánica va siendo transformada en compuestos cada vez más simples (pasando por productos intermedios como ácidos grasos volátiles o azúcares) hasta llegar a generar CH_4 y CO_2 . Debido a que intervienen grupos diferentes de bacterias de forma encadenada, es importante establecer unos parámetros de operación óptimos que sincronicen las diferentes velocidades de las bacterias.

Cabe destacar que esta tecnología únicamente está enfocada a la valorización energética de la materia orgánica y la producción de un fango estabilizado, pero que los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo no son eliminados en este tratamiento.





Aunque es una técnica recomendada para el tratamiento de los purines, no permite reducir la carga de nitrógeno asociada al purín, siendo necesario un tratamiento posterior que, en la mayoría de los casos, no se aplica.

En el Anexo se encuentra una descripción más detallada de estos procesos.

Planes de vigilancia y emergencia

Para una correcta aplicación de todas estas estrategias y tecnologías es necesario que también se lleven a cabo planes de vigilancia ambiental y de emergencia, revisados por la autoridad competente de la comunidad autónoma, pero que es de obligado cumplimiento y aplicación por parte de la empresa. En estos planes debe incluirse qué contaminantes se espera emitir, en qué puntos o procesos se van a producir, a qué concentración y caudales, cuáles serán las medidas aplicadas para lograr reducir su concentración y cuál será la concentración finalmente emitida. Por ello, estos planes de vigilancia deben incorporar cuestiones como un plan de muestreo de las emisiones realizadas en diferentes puntos para asegurarse de que los procesos y las estrategias de mitigación están funcionando correctamente. También es muy recomendable que se realice un mantenimiento adecuado de los equipos de control de emisiones y que se revisen con una frecuencia acorde al equipo, ya que un fallo en estos equipos puede provocar no solo que se dejen de retener los contaminantes, sino, incluso, emitir los contaminantes retenidos durante el proceso de depuración o contención.

En cuanto a los planes de emergencia, como el riesgo ambiental nunca es cero, a pesar de que se apliquen correctamente las MTD en cada caso, es recomendable tener un protocolo de actuación para cada escenario, incluso el más dañino. Para poder reducir los daños ambientales y socioeconómicos en caso de que ocurra algún episodio de contaminación, se debe elaborar un plan de emergencia. En este plan deben recogerse el protocolo de que seguir en cada caso. Por ejemplo, en el caso de un vertido de purines desde la balsa, ya sea por rotura o fuga, sería necesario definir actuaciones cómo:

- De qué mecanismos de contención se dispone (en función de la pendiente y la permeabilidad del terreno se puede conocer su trayectoria más probable).
- Cómo gestionar o tratar este purín fugado y retenido.
- Si el purín supera estas contenciones, quién avisa a las autoridades competentes y a qué autoridades se debe avisar (para que puedan aplicar las medidas oportunas necesarias y evaluar el daño correctamente, así como aplicar las medidas preventivas si afecta al agua de consumo).
- Qué se puede hacer para evitar que este purín alcance una masa de agua.



Grado de implantación de las MTD

Las MTD no son de obligado cumplimiento, de forma general, sino que son medidas recomendadas para mitigar emisiones y prevenir daños ambientales, por lo que es interesante analizar cómo ha ido evolucionando su implantación y cuál es el grado de aceptación actual, para poder conocer cuáles son los principales puntos de mejora en la gestión de los purines.

Para conocer el estado actual de estas medidas nos basaremos en el Informe Anual de Implantación de Mejores Técnicas Disponibles en el Sector Porcino Intensivo, del 2021 (MAPA, 2021b) y compararemos esta información con la recogida en un informe de similares características, el documento sobre la Caracterización de Sistemas de Gestión de Deyecciones. Sector Porcino Intensivo (MARM, 2010), pero del año 2010, antes de que se observase esta tendencia de incremento de macrogranjas, como se explica en el primer capítulo de este documento.

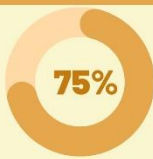


Comparativa de las Mejores Técnicas Disponibles

Los porcentajes hacen referencia al número de granjas porcinas españolas

MARM, 2010

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino



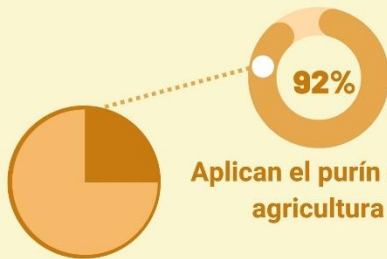
Se diferencian los piensos según las necesidades nutricionales



Aplican alguna técnica para reducir las emisiones de NH₃



Cubren las balsas de purines



Aplican el purín en la agricultura

■ 1/4 lo hacen en abanico
■ 3/4 lo hacen en abanico con enterrado

= Emisiones



De los purines generados no son sometidos a ningún tratamiento

MAPA, 2021 b

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación



Se diferencian los piensos según las necesidades nutricionales

Casi todas las granjas reducen la proteína de los piensos por eficiencia productiva



Aplican alguna técnica para reducir las emisiones de NH₃



Acidifican los purines o utilizan depuradores de aire



Refrigeran los purines



Aplican bolas flotantes en las fosas de purín



Cubren las balsas de purines



No pueden retener el purín generado



Cuentan con un sistema de detección de fugas



Construyen instalaciones y equipos a prueba de fugas



Aplican el purín mediante esparcidor en bandas

Mediante tubos colgantes o zapatas colgantes

= Emisiones



Aplican inyección



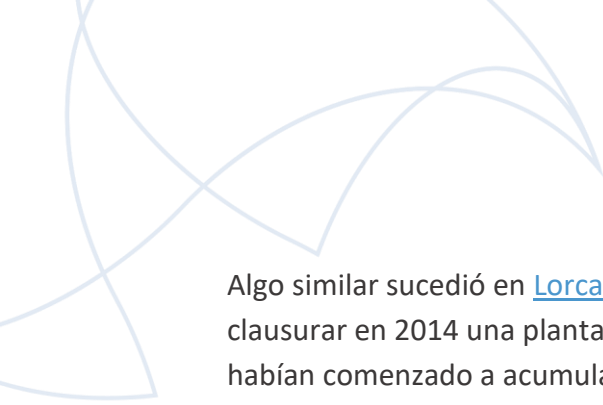
Acidifican el purín



De los purines generados no son sometidos a ningún tratamiento

Un episodio muy importante que analizar respecto al tratamiento y la gestión de los purines es lo acontecido en 2015. Tal y como se explicó en el anterior capítulo, las plantas de cogeneración eléctrica con purines fueron subvencionadas hasta que en 2015 se redujo en un 40% la ayuda económica ([Real Decreto 181/2015](#)). A raíz de esta decisión, algunas plantas decidieron cerrar al considerar que sus ingresos no eran suficientes como para mantenerse en activo. Esto provocó que en algunas zonas se encontrasen con un problema ambiental grave, ya que [muchos ganaderos contaban con estas plantas](#) para tratar sus purines y ahora tenían que emplear su uso directo en agricultura, en terrenos que sabían que no iban a poder soportar esa carga de nitrógeno, y más de 100 explotaciones porcinas empezaron a verter sus purines de forma ilegal. Este grave episodio nacional nos muestra que es importante poder ofrecer siempre una alternativa de gestión y tratamiento de los purines, ya que, en caso de no existir, este purín terminará vertiéndose, de una forma u otra. Viendo el grave problema ambiental que se estaba provocando con esta decisión, en 2017 se aprobó una [Proposición No de Ley](#) para facilitar al máximo la reapertura de las plantas de tratamiento de purines, como por ejemplo ampliando su tiempo de vida útil a 25 años, para permitir amortizar la inversión inicial, o elaborar un plan nacional de tratamiento del excedente de purines y de reducción de su propio impacto ambiental. Este cambio legislativo permitió la apertura de nuevas plantas de tratamiento de purines, como la de [Polán](#), en Toledo, en la que se obtiene biogás y productos de valor como fertilizantes (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).





Algo similar sucedió en [Lorca](#), donde a principios del 2017 se denunciaba que tras clausurar en 2014 una planta de tratamiento de purines de la zona, los ganaderos habían comenzado a acumularlos en antiguas balsas, mal impermeabilizadas y sin ningún tipo de control de emisiones, lo cual suponía un grave riesgo ambiental. De hecho, a finales de ese mismo año (2017) se anunciaba el cierre de [la única planta de tratamiento y cogeneración de purines](#) que existía en Lorca, lo que indicaba un “un problema ambiental de enormes dimensiones”, siendo conscientes de que esos purines acabarían en el campo, con el subsiguiente riesgo de infiltración. Pero, a principios de 2023 llegaba una buena noticia a la zona y es que el ayuntamiento de Lorca daba luz verde a la propuesta de un promotor para instalar en el municipio una [planta de tratamiento de purines y otros residuos orgánicos para la producción de biogás](#).

De todas las MTD, aquellas relacionadas con el tratamiento intermedio del purín son las menos aplicadas. Sin embargo, con un correcto tratamiento se pueden solventar diversos problemas asociados a la gestión del purín, como reducir los olores, las emisiones de NH_3 y CH_4 y la infiltración de purines altamente cargados de nutrientes. Por ese motivo, ya que el principal proceso de aplicación del purín, su uso en agricultura está correctamente acotado y controlado por diferentes medidas legislativas, en este documento hemos querido profundizar en la propuesta de diferentes alternativas de tratamiento. Como entendemos que para una buena aceptación de estas medidas no solo es suficiente con abordar sus aspectos positivos desde un punto de vista ambiental, las tecnologías de tratamiento propuestas, que se explicarán en el siguiente capítulo, no solo permiten reducir la carga contaminante de los purines, sino también recuperar de ellos productos de valor añadido como fertilizantes, a través de los nutrientes contenidos, o energía, mediante la valorización energética de la materia orgánica.



Tabla resumen

En la Tabla 5 se resumen y recogen las principales MTD según el impacto ambiental que se quiera mitigar:

Tabla 5. Resumen de MTD según el impacto a reducir	
Impacto ambiental / socioeconómico	Mejor Técnica Disponible (MTD)
Todas	Elaboración de Plan de Vigilancia
	Elaboración de Plan de Emergencia
Reducción de ruidos	Garantizar la suficiente distancia respecto a los receptores sensibles que requieren protección
	Correcta ubicación y aislamiento de los equipos que más ruido producen
	En la medida de lo posible, cerrar puertas y aberturas importantes del edificio, especialmente durante el tiempo de alimentación
	Emplear sistemas de alimentación que reduzcan los estímulos anteriores a la comida
Minimización de olores	Garantizar la suficiente distancia respecto a los receptores sensibles que requieren protección
	Reducir la superficie expuesta de la balsa de purines y cubrirla
	Mantener a las superficies y a los animales lo más secos y limpios posibles
	Emplear los mejores sistemas de evacuación del aire y tratarlo con algún sistema de depuración de gases
	Incorporar paredes vegetales en el exterior que permitan crear turbulencias en las corrientes de aire
	Considerar la meteorología cuando se aplique el purín
Transmisión de enfermedades	Emplear métodos que cubran o entierren el purín cuando se aplique como fertilizante
	Control biológico o químico de los principales vectores de transmisión
Emisiones de NH ₃	Reducir la superficie expuesta de la balsa de purines y cubrirla
	Emplear los mejores sistemas de evacuación del aire y tratarlo con algún sistema de depuración de gases
	Considerar la meteorología cuando se aplique el purín
	Emplear métodos que cubran o entierren el purín cuando se aplique como fertilizante
	Acidificación del purín en cualquiera de sus etapas



Tabla 5. Resumen de MTD según el impacto a reducir	
Impacto ambiental / socioeconómico	Mejor Técnica Disponible (MTD)
	Alimentación multifase Suministrar aditivos autorizados para piensos que reduzcan el nitrógeno total excretado o reducir el contenido de proteína bruta
	Emisiones de CH ₄ Empleo de fibras poco fermentables Utilizar bebederos adecuados para la categoría específica de animales y ajustar periódicamente la calibración de los equipos
Consumo hídrico	Empleo de otros sistemas de evacuación de purines, como por gravedad Recogida separada de las aguas pluviales para usarla como agua de lavado
	Tratamiento de los purines para obtener agua reutilizable
	Contaminación hídrica

Tabla 5. Resumen de las Mejores Técnicas Disponibles.
Fuente: elaboración propia.



Capítulo 5. Propuesta de tren de tratamiento para los purines

Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Capítulo 5. Propuesta de tren de tratamiento para los purines

Como se ha explicado anteriormente, las mayores fuentes de contaminación son las relacionadas con la gestión de los purines: el almacenamiento y su aplicación. Disminuir la cantidad de purines almacenados con tratamientos intermedios reduce enormemente las externalidades negativas y, en el caso de la utilización de purines, aparte de su uso directo en la agricultura, se pueden obtener muy buenos resultados con sistemas de depuración especialmente diseñados para estos residuos, que permiten que sean más estables y menos perjudiciales, además de obtener otros subproductos, dentro de un enfoque de economía circular.

En base a estas premisas planteamos un sistema de tratamiento formado por tres módulos. Un primer conjunto de técnicas destinadas al **pretratamiento**, en el que el purín pasa por una etapa de **desbaste** para retener los sólidos de mayor volumen que puedan dañar los equipos posteriores. Después, se **homogeneiza** para lograr mantener un caudal de tratamiento constante y una calidad más pareja durante todo el día. Tras el pretratamiento se incluiría un segundo módulo formado por un **digestor anaerobio**. En este reactor toda la materia orgánica presente en los purines es transformada en un biogás formado principalmente por metano, CH_4 . Este biogás posteriormente puede ser recuperado en una estación de valorización energética y producir electricidad, que ayude a reducir el consumo energético de la granja, y energía térmica, que se puede emplear para calentar o precalentar el agua de limpieza, por ejemplo. Tras esta etapa se obtendría un sólido que posteriormente puede emplearse en agricultura de una forma mucho más segura, al reducir la cantidad de amoníaco que va a la atmósfera y al impedir su infiltración por su bajo contenido en agua. Por otro lado, también se genera una corriente líquida rica en nutrientes. Esta corriente se llevaría al tercer módulo, el encargado de la recuperación de los nutrientes, principalmente nitrógeno. Para este módulo se pueden plantear diversas alternativas, si bien nos fijaremos en la **crystalización bajo la forma de estruvita**. De este módulo se extrae un fertilizante rico en nitrógeno y fósforo que se puede emplear en la agricultura y un agua de alta calidad, que se puede reutilizar en el proceso de limpieza, reduciendo enormemente el consumo de agua de la granja. En la Figura 37 se recoge el esquema de trabajo propuesto. A continuación, se explican el funcionamiento y la importancia de cada etapa. Para una información más detallada y técnica de estas etapas se recomienda consultar el Anexo “Gestión de los purines”.



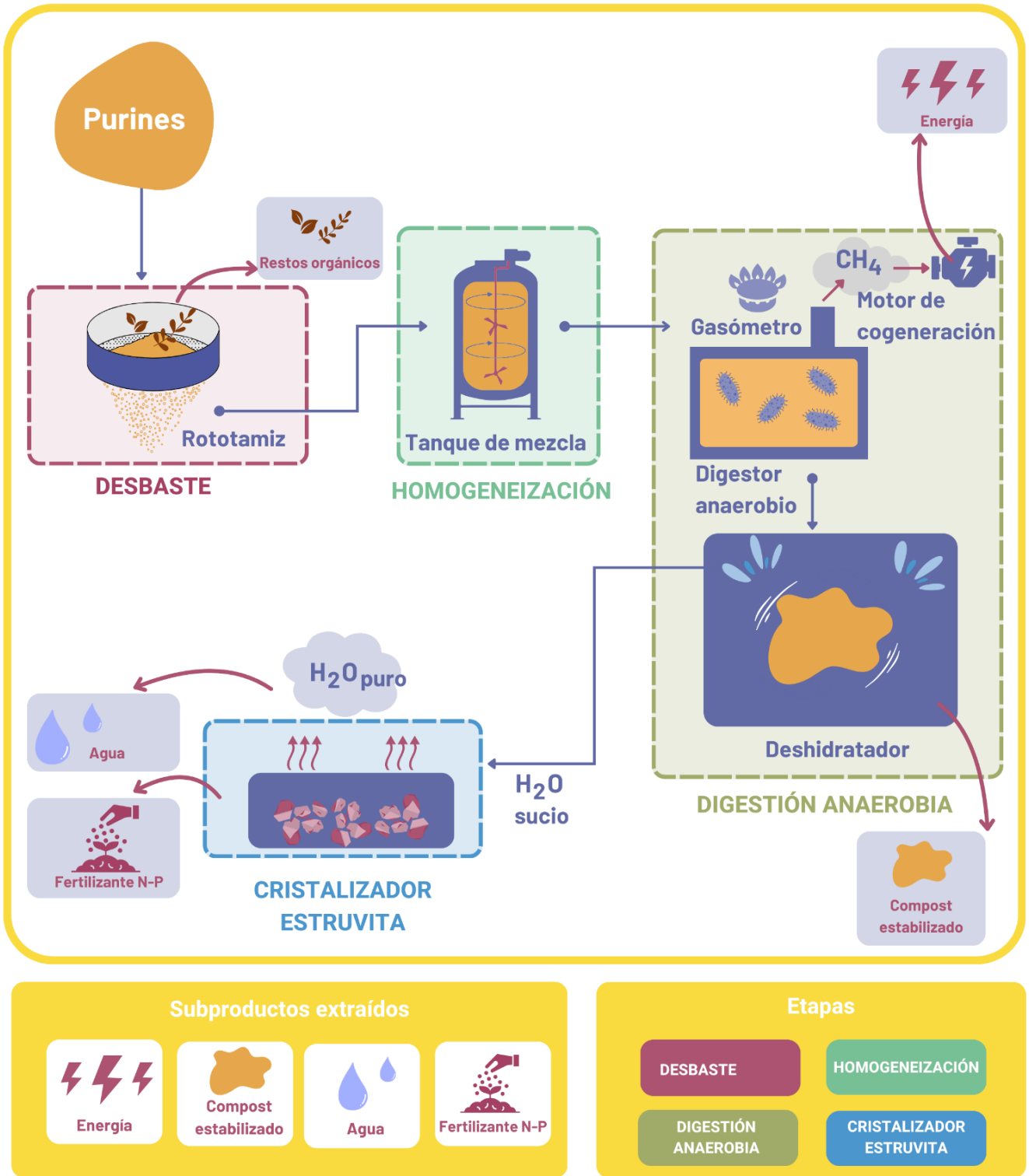


Figura 37. Propuesta de tren de tratamiento de purines.
Fuente: elaboración propia.



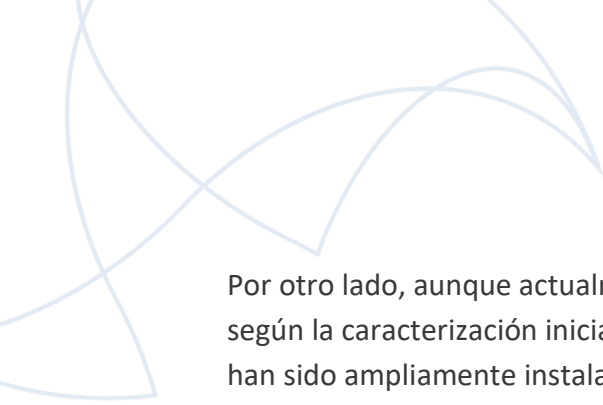
Aunque pueda parecer que el producto final es el mismo, material de uso agrícola, esta forma de obtenerlo presenta una serie de ventajas respecto al uso directo de purín (Tabla 6). Por otro lado, la legislación actual está cambiando, tal y como hemos visto con el [Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre](#), y cada vez son más los impedimentos atmosféricos y temporales para el uso del purín. Ante esta nueva situación las granjas deben construir mayores balsas o, en su defecto, aplicar un sistema de tratamiento que les permita obtener este fertilizante en el momento en que se produce el purín, y que puedan aplicarlo según las necesidades del terreno y el cultivo. Además, las limitaciones legales para la aplicación del fertilizante generado mediante estas técnicas son mucho menores, dado que sus riesgos e impactos ambientales también son menores. Por otro lado, como la granja no aplicaría el purín en agricultura, la ubicación de la instalación no estaría ligada a la disponibilidad de campos de cultivo para la gestión de purín, permitiendo ubicarla en otros terrenos antes no considerados.

Tabla 6. Ventajas del tratamiento de los purines

Impacto socioeconómico	Menores olores asociados
Impacto atmosférico	Fertilizante con menor emisión de NH ₃
	Reducción del riesgo de infiltración
Impacto hídrico	Reducción de la carga contaminante del purín
	Generación de fertilizante convencional sólido
	No es necesario almacenar el purín
Consumo hídrico	Reutilización del efluente del tren de tratamiento
Impacto económico	Obtención de energía térmica
	Recuperación energética
	Obtención de fertilizante de valor económico en el mercado
	Se obtiene un producto que aporta materia orgánica a los suelos
Aspecto legislativo	Fertilizante sin limitación de aplicación temporal
	Ausencia de necesidad de campo agrícola asociado a la macrogranja
	Menores limitaciones legales en cuanto al uso del fertilizante

*Tabla 6. Beneficios del tratamiento de los purines para los diferentes impactos que provocan.
Fuente: elaboración propia.*





Por otro lado, aunque actualmente existen técnicas innovadoras y más especializadas según la caracterización inicial del purín, a continuación, indicamos tecnologías que ya han sido ampliamente instaladas y de las que se ha comprobado en múltiples escenarios su buen funcionamiento y rendimiento, con el fin de proponer tecnología válida para cualquier granja, independientemente de su tamaño o ubicación.

Caracterización del purín

Para poder definir un sistema de tratamiento para los purines primero hay que conocer a qué tipo de residuo nos estamos enfrentando, es decir, caracterizarlo. Entre los parámetros más interesantes que hay que conocer del purín están:

- El contenido en nutrientes, nitrógeno, fósforo y potasio, en especial en las formas de amonio y fosfato, ya que serán las más abundantes para el nitrógeno y el fósforo, respectivamente.
- La demanda química de oxígeno (DQO), que indica cuánta materia orgánica hay disponible en el purín.
- Los sólidos totales (ST) y los sólidos totales volátiles (STV). El primero da información sobre la cantidad de sólidos que entran al sistema (un dato necesario para el diseño de algunos equipos), mientras que el segundo indica cuántos de estos sólidos son biodegradables (este dato determinará la buena o mala aplicación de la digestión anaerobia).
- El pH, ya que este valor afectará tanto a los procesos biológicos como al rendimiento de los procesos fisicoquímicos.
- La alcalinidad del agua, para conocer la capacidad del purín para tamponar o amortiguar los cambios del pH.

Si se sospecha que en el purín también pueden aparecer otros elementos como metales pesados en cantidades peligrosas (cobre, zinc...), también deberían medirse.

Para más información sobre cómo realizar una caracterización de los purines, consultar el apartado “Caracterización del purín” en el Anexo.

Pretratamiento

Desbaste

El pretratamiento es una etapa clave para asegurar que la vida útil de los demás equipos no se ve gravemente comprometida, ya que permite eliminar de la línea de tratamiento equipos voluminosos que puedan dañar a otros, como bombas o agitadores, material abrasivo, en especial arenas, que pueden provocar un elevado desgaste de los equipos y las conducciones. Por tanto, invertir en estos equipos supone reducir los gastos de mantenimiento, reparación y reemplazo de materiales y equipos.



Homogeneización

Tras el desbaste, y antes de comenzar el tratamiento, es necesario homogeneizar el caudal y la concentración de los contaminantes. Los equipos incluidos en las operaciones de tratamiento de los purines están diseñados y configurados para un flujo y una caracterización determinada del residuo. Los cambios bruscos en su composición pueden afectar seriamente a algunos procesos muy sensibles a las variaciones de flujo y concentración y desestabilizar el proceso, provocando malos resultados en el efluente y/o un mayor coste económico. Algunas operaciones se basan en procesos biológicos que no pueden interrumpirse porque deben tener una continuidad de alimentación y, preferiblemente, con una constante composición. Sin embargo, el purín no se genera siempre en la misma cantidad ni con la misma composición debido a la frecuencia de limpiezas o a la variación de la actividad diaria de los animales, por ejemplo. Por ello es importante disponer de un sistema inicial de equalización y homogeneización de los purines como etapa previa.

Digestión anaerobia

Una vez se ha homogeneizado el purín, está listo para comenzar a ser depurado. En esta etapa se somete el purín a un proceso de digestión anaerobia, mediante el cual la materia orgánica del purín es transformada biológicamente en biogás, obteniendo, además, una fracción sólida que se puede emplear en agricultura. Esta tecnología permite obtener en primer lugar un efluente con menos problemas de olor asociado al estabilizar la materia orgánica en un fango inerte. No solo reduce los problemas de olor, sino que el fango obtenido está más higienizado, reduciendo la cantidad de patógenos y de huevos de gusanos y moscas respecto al purín en estado inicial. Esta destrucción de patógenos alcanza valores de hasta el 85%. Además, este sistema funciona correctamente con cargas orgánicas altas, como a las que será sometido el purín.

Respecto a las corrientes que se obtienen tras la digestión anaerobia, por un lado, está la fracción sólida, que puede ser utilizada directamente en agricultura o se le puede aplicar un tratamiento previo de deshidratación, mediante un filtro de prensa, por ejemplo, para reducir la cantidad de agua del fango y facilitar su transporte. Por otro lado, la corriente líquida extraída contiene una alta concentración de nitrógeno y fósforo que serán recuperadas en la etapa posterior, la cristalización en forma de estruvita. En la Figura 38 se muestra un esquema de las entradas y salidas en proceso de digestión anaerobia.



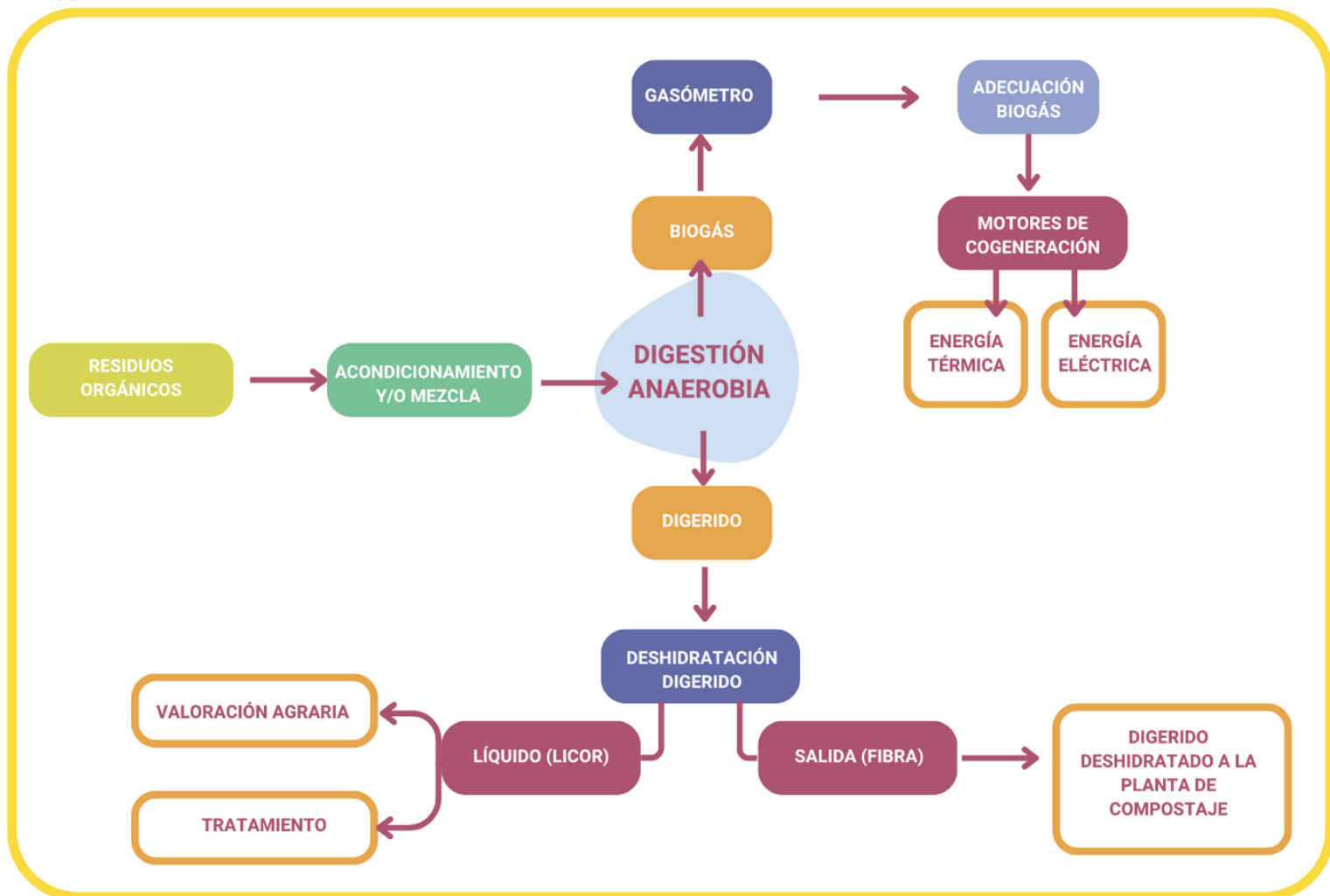


Figura 38. Esquema de las etapas implicadas en la digestión anaerobia y recursos obtenidos.
Fuente: elaboración propia mediante los datos de la Agència de Residus de Catalunya.

Este tipo de instalaciones pueden llevarse a cabo de dos formas. Por un lado, cuando el tamaño de la granja lo permite, se pueden instalar digestores propios en cada instalación (Figura 39), lo que conlleva unos costes asociados, pero los beneficios obtenidos del biogás y del fertilizante (posteriormente se verá su extracción) son íntegros para el propietario. Estos digestores de tipo “farming” suelen estar muy simplificados y automatizados para que operen de una forma correcta y de forma autónoma.





*Figura 39. Digestores instalados en una granja.
Fuente: Agricultural Marketing Resource Center.*

La otra alternativa consiste en centralizar el tratamiento de los purines. Esto suele ocurrir en zonas con un gran número de granjas, pero de tamaño mediano o pequeño, aunque también es factible para macrogranjas. En este caso, el tratamiento de los purines es externalizado a una empresa o a un centro de tratamiento gestionado por una asociación de ganaderos. En este escenario la digestión anaerobia se lleva a cabo por personal cualificado y se suelen realizar cambios en los parámetros de operación en base a la calidad de los purines introducidos, con el fin de optimizar la cantidad de metano producido en la digestión. En el capítulo 4, sobre las medidas de mitigación, se recoge el ejemplo de planta de tratamiento en Polán (Toledo), pero se pueden encontrar otros como la planta de Almazán (Soria), reabierta en 2019 (Figura 40).



*Figura 40. Planta de valorización de purines en Almazán (Soria).
Fuente: Heraldo-Diario de Soria.*



Por último, una ventaja añadida de la digestión anaerobia de los purines es que los reactores pueden aprovecharse para co-digerir otros productos agrícolas y obtener más energía. En esta **co-digestión** se pueden introducir tanto la paja que queda tras el segado como fruta o verdura que no sea apta para la venta. Estos residuos ganaderos ayudan a incrementar la concentración de materia orgánica en la mezcla y provocan que la cantidad de metano producida se pueda ver duplicada en algunos casos (Kaparaju & Rintala, 2005). Un ejemplo de aplicación de co-digestión es la planta de Ecologic Biogás en Vila-sana (Lérida). En esta planta tratan 11.500 m³ de purines al año junto con 4.300 toneladas al año de productos vegetales de la zona como derivados de alcohol, derivados de aceites vegetales, lodos de depuradora de aguas industriales y derivados de frutas, cebolla y leche (ECOBIOGAS, 2023).

Cristalización en forma de estruvita

Una vez que el purín ha sido digerido y clarificado, se obtienen dos corrientes. Por un lado, la corriente sólida estabilizada que ahora puede emplearse en agricultura con total seguridad. Por otro, una corriente líquida rica en nitrógeno y fósforo. Aunque existen tratamientos biológicos para la eliminación de estos nutrientes en esta corriente líquida, es mejor optar por procesos fisicoquímicos que permitan no solo reducir la carga contaminante del agua, sino también recuperar los nutrientes en forma de un producto comercializable y seguro. De entre las múltiples técnicas disponibles o conocidas, nos decantamos por la cristalización en forma de estruvita ya que es una tecnología ampliamente estudiada y que permite la recuperación de ambos nutrientes.

La estruvita es un mineral compuesto por magnesio, amonio y fosfato que tiene gran interés en agricultura ya que permite liberar lentamente los nutrientes que necesita el cultivo, sin riesgo a que el exceso de nitrógeno o fósforo sea infiltrado hasta capas freáticas inferiores. Además, permite un uso más preciso de los nutrientes evitando que se fertilicen en exceso los campos. Por otro lado, este fertilizante, por su forma sólida, puede ser almacenado sin ningún riesgo ambiental (). Puede ser generado de forma continua, en el tratamiento de los purines, y posteriormente ser aplicado cuando el cultivo lo demande. Presenta un bajo índice de salinidad y reducido contenido en metales pesados y el exceso de estruvita generado in situ puede comercializarse y generar beneficios adicionales.



Esquema general propuesto

El esquema de tratamiento aquí propuesto no solo es válido para el tratamiento de los purines generados en una macrogranja porcina, sino que como se ha explicado, también puede ser aplicado para otras escalas menores, aunque en estos casos se recomienda externalizar el tratamiento para centralizar la valorización de los purines de la zona, ya que, a mayores caudales de trabajo, los costes por metro cúbico tratado se reducen. Además, este sistema no solo es viable para los purines de los cerdos, también puede ser válido para las aguas negras que se recojan de una granja bovina y es compatible con otros residuos de origen agrario.

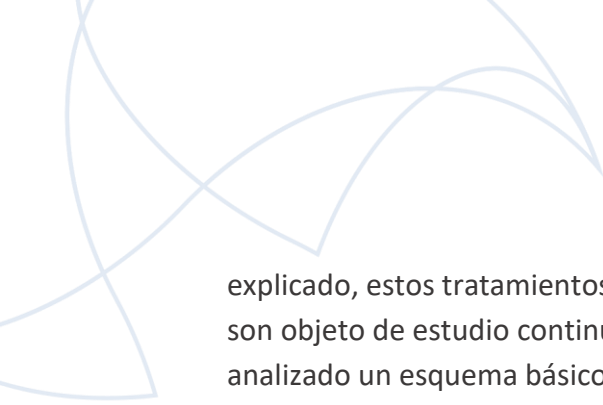
Las tecnologías mostradas están ampliamente asentadas en otros sectores, por lo que existe un gran conocimiento sobre su operación. Por ejemplo, la digestión anaerobia es un proceso común que se suele incluir en todas las plantas de depuración de aguas residuales urbanas de tamaño mediano y grande. Estas tecnologías no son novedosas en el sector ganadero, su baja tasa de aplicación no reside en la viabilidad o no de estos procesos, sino en que hasta la fecha no se estaba considerando:

- Incluir este residuo en los planteamientos de la economía circular y, por lo tanto, plantear una serie de tratamientos para valorizar el purín extrayendo la mayor cantidad de recursos, y de máximo valor, posible.
- La necesidad de aplicar un tratamiento a los purines, porque su aplicación directa en el campo de cultivo no conlleva grandes costes. Sin embargo, debido a los impactos ambientales y los riesgos que implica, la legislación está contemplando mayores limitaciones a la aplicación directa del purín.

Es decir, plantear un tren de tratamiento permite asegurar dar una salida a un residuo de generación inevitable, los purines, un residuo que cada vez tendrá más limitaciones en su uso directo. Por otro lado, vemos cómo se están poniendo restricciones en cuanto a la actividad ganadera en caso de ausencia de la aplicación de mejores técnicas disponibles, entre ellas, una mejor gestión de los purines. Además, el esquema aquí propuesto no solo busca “descontaminar” el purín, sino que se trata como un subproducto que contiene valiosos recursos que se pueden recuperar; agua, energía, fertilizantes y abono orgánico seguro.

Este esquema de tratamiento es una propuesta basada en los mejores tratamientos disponibles para la recuperación de los purines y con una gran implantación. Sin embargo, otro tipo de técnicas son posibles, como la digestión aerobia para el tratamiento de la materia orgánica o la recuperación de nitrógeno y fósforo mediante columnas de intercambio catiónico de zeolitas y/o resinas. Además, tal y como se ha





explicado, estos tratamientos, la digestión anaerobia y la cristalización de la estruvita, son objeto de estudio continuo para su optimización. En este proyecto hemos analizado un esquema básico que se pueda aplicar de forma genérica. Por ejemplo, ambos procesos podrían optimizarse incluyendo una etapa de filtración con membranas tras cada tratamiento. De esta forma se consigue que en el reactor anaerobio se pueda retener una mayor cantidad de bacterias y así tratar un mayor caudal de purines. Es decir, se consigue reducir el tamaño del reactor. Por otro lado, en la cristalización se mejora la retención de los cristales formados.

Capítulo 6. Conclusiones

**Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional**



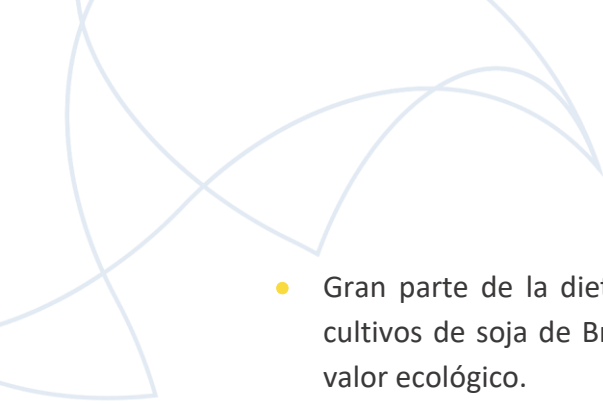
**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Capítulo 6. Conclusiones

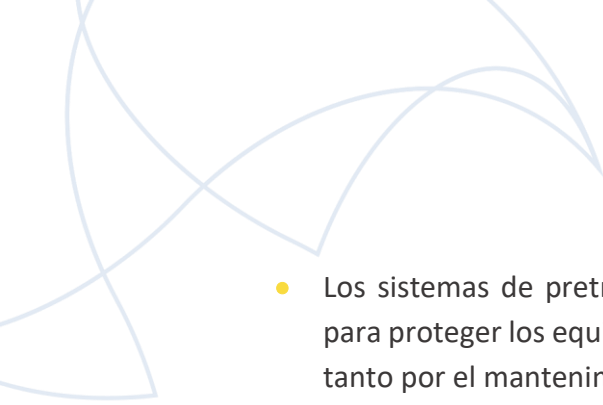
A continuación, recogemos las principales conclusiones de lo expuesto en este informe:

- La ganadería porcina tiene un gran peso en la economía española y en el mercado exterior. España es el primer país de la Unión Europea en cuanto a exportación de carne de cerdo y el tercero a nivel nacional.
- Existe una tendencia creciente a agrupar la carga ganadera en instalaciones de gran tamaño (conocidas como macrogranjas) a la vez que se van cerrando aquellas con menor número de individuos.
- La principal carga ganadera se encuentra en Aragón, Cataluña y Castilla y León. Sin embargo, estas comunidades no son las que más granjas tienen, lo que indica que son granjas de gran tamaño.
- La presencia de macrogranjas presenta un riesgo ambiental debido a que se supera la carga ambiental del terreno.
- Con relación al agua, los compuestos nitrogenados presentes en los purines pueden infiltrarse, por una mala impermeabilización de las balsas de purines o por un exceso de aplicación, y alcanzar acuíferos provocando su contaminación.
- La contaminación por nitratos es una preocupación y se están extendiendo las zonas vulnerables a estos compuestos.
- Además de la afeción en la calidad, las macrogranjas demandan una alta cantidad de recursos hídricos que, en escenarios de sequías cada vez más frecuentes, genera una alarma social ante la posibilidad de que se agoten las reversas de agua por abastecer a estas instalaciones.
- La ganadería porcina presenta altas emisiones de CH₄ (gas de efecto invernadero) mediante las excretas de los animales, siendo la segunda fuente emisora, según datos del PRTR.
- Además de CH₄, la ganadería porcina es responsable de elevadas emisiones de NH₃ a la atmósfera. La presencia de este gas está relacionada con los episodios de “smog fotoquímico” y tiene una grave incidencia sobre la salud humana.



- 
- Gran parte de la dieta de los cerdos en las granjas porcinas proviene de los cultivos de soja de Brasil, fomentando la deforestación de esta zona con gran valor ecológico.
 - La presencia de macrogranjas también tiene un impacto social y económico, ya que estas instalaciones son focos de olores y ruidos y atraen la presencia de moscas y roedores, entre otros. Además, se ha relacionado la presencia de macrogranjas con un incremento de despoblación en zonas rurales.
 - Las macrogranjas, al igual que cualquier monocultivo o sistema de producción que reste biodiversidad, es un posible foco de enfermedades zoonóticas (enfermedades de animales que llegan a afectar a personas), plagas y pandemias.
 - La competencia para limitar o regular la implantación de nuevas instalaciones ganaderas de gran capacidad reside en las comunidades autónomas.
 - Este tipo de instalaciones están sujetas a las Evaluaciones de Impacto Ambiental, por lo que durante el periodo de evaluación las personas interesadas pueden hacer alegaciones, sugerencias o reclamaciones sobre cómo se van a gestionar los impactos ambientales de las mismas.
 - La Unión Europea elabora y actualiza el documento de Mejores Técnicas Disponibles aplicadas al sector ganadero porcino con el fin de que estas instalaciones tengan un documento de referencia al que acudir para reducir su impacto ambiental.
 - Entre estas medidas caben destacar la impermeabilización y cubrición de la balsa de purines, los sistemas de control de plagas, la aplicación con inyección o enterradores del purín, así como su gestión y tratamiento, entre otros.
 - Ha habido un gran avance en cuanto al grado de implantación de mejores técnicas disponibles, aunque todavía quedan esfuerzos que hacer, en especial en el control de fugas y en el tratamiento íntegro del purín.
 - Los planes de vigilancia y emergencia son esenciales ya que ninguna instalación tiene riesgo ambiental cero. Estos planes son de obligada elaboración para las macrogranjas.
 - Mediante un correcto sistema de gestión del purín se puede reducir su impacto ambiental y el conflicto social generado por su presencia. Además, las tecnologías actuales permiten implantar macrogranjas que apliquen las Mejores Técnicas Disponibles allí donde se ha limitado su implantación.



- 
- Los sistemas de pretratamiento (desbaste y homogeneización) son esenciales para proteger los equipos de tratamiento y ayudan a reducir costes económicos, tanto por el mantenimiento como por que se pueden optimizar los procesos.
 - Mediante la digestión anaerobia se puede valorizar energéticamente el purín obteniendo un biogás rico en metano. Además, se genera un fango higienizado que puede ser aplicado en agricultura con garantías sanitarias.

La cristalización de la estruvita permite valorizar el purín en un fertilizante con mejores propiedades agrícolas (lenta liberación), más fácil y seguro de almacenar (es un sólido estable), menor riesgo ambiental (es más complicado que se lixivie a diferencia del purín) y con valor económico en el mercado, por lo que el excedente puede venderse y no tiene por qué ser aplicado en su totalidad en los territorios cercanos.

Anexo

Evaluación del impacto ambiental de las macrogranjas porcinas y su relevancia en el contexto nacional



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Anexo

Proceso de nitrificación - desnitrificación

Tras las etapas previas de pretratamiento de los purines (homogeneización y separación sólido -líquido) se pueden aplicar otros procesos que permitan reducir la carga contaminante de cada corriente. La corriente líquida obtenida presenta una elevada concentración de nitrógeno, por lo que las tecnologías planteadas están enfocadas a la neutralización de este contaminante. El proceso más común para reducir el nitrógeno en las corrientes líquidas es el proceso biológico de nitrificación-desnitrificación. Este proceso es el que se emplea en la mayoría de las depuradoras de aguas residuales urbanas, por lo que es conocido y estudiado, facilitando así su aplicación.

Este proceso involucra a tres grupos de bacterias y tiene lugar en un reactor biológico que puede ser alimentado de continuo o por etapas. Posteriormente, es necesario un proceso de decantación, como el explicado anteriormente, para separar la biomasa generada del efluente libre de nitrógeno. Mediante la actividad de estas tres bacterias se consigue que el nitrógeno en forma de NH_4 se transforme en N_2 , un gas inerte que termina en la atmósfera.

Un primer grupo de bacterias se encarga de oxidar el NH_4 hacia su forma de nitrito, NO_2 , para posteriormente, un segundo grupo de bacterias sigan oxidando el NO_2 hasta NO_3 . Este es el proceso de nitrificación (Figura 42). Estas dos bacterias necesitan grandes cantidades de oxígeno para poder llevar a cabo la oxidación del nitrógeno (en torno a 4,5 g de O_2 por cada gramo de N para que se oxide hasta NO_3). El suministro del oxígeno es un proceso que demanda una alta cantidad de energía, sin embargo, permite neutralizar la carga contaminante asociada al nitrógeno. Por último, con el NO_3 generado y la materia orgánica presente en el propio purín, un último grupo de bacterias emplean ambos sustratos para multiplicarse y generar CO_2 y N_2 . Este es el proceso de desnitrificación. De esta manera el nitrógeno es extraído de los purines y llevado a la atmósfera bajo una forma no perjudicial.

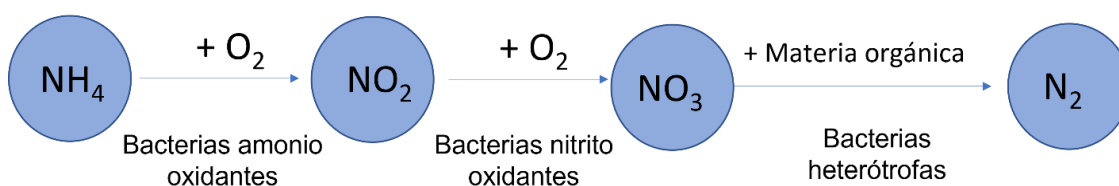


Figura 42. Reacciones en cadena que tienen lugar en el proceso de nitrificación – desnitrificación.
Fuente: elaboración propia.

Debido a que se necesita del NO_3 para llevar a cabo el proceso de desnitrificación, los reactores biológicos que llevan a cabo estos procesos biológicos presentan la configuración mostrada en la Figura 43. La nitrificación se hace en segundo lugar, ya que, si no la materia orgánica se consumiría con el oxígeno que se aporta en esta fase, en vez de hacerlo con el NO_3 . El NO_3 que se genera al terminar la fase de nitrificación es recirculado al inicio del reactor biológico. En este punto tiene lugar la desnitrificación, ya que estamos aportando el NO_3 generado, la materia orgánica proviene directamente del purín de entrada. Como aquí no se añade oxígeno, toda la materia orgánica se consume empleando el NO_3 y generando N_2 .

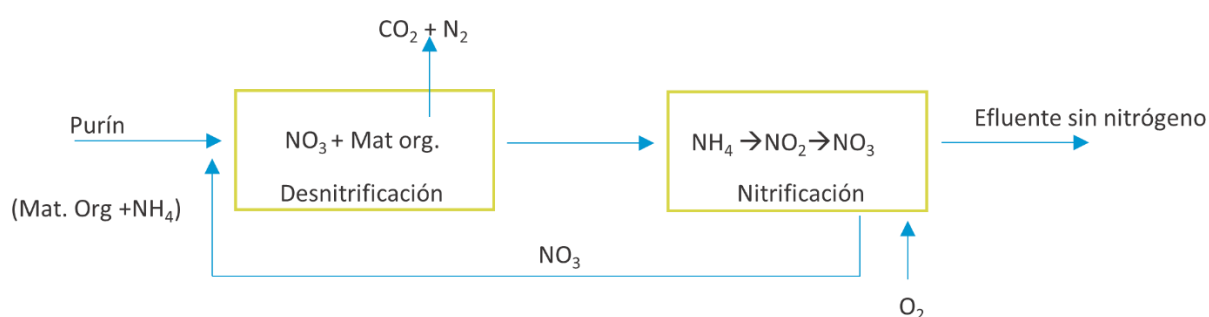


Figura 43. Esquema de un reactor de nitrificación – desnitrificación.
Fuente: elaboración propia.

Digestión anaerobia

La otra alternativa de tratamiento que a veces se emplea con los purines es la digestión anaerobia. Este proceso consiste en transformar la materia orgánica presente en el purín en un fango estabilizado y desinfectado que se puede emplear en agricultura y, a su vez, obtener un biogás enriquecido en metano, una alternativa al uso de combustible fósiles. El proceso de digestión anaerobia encadena varios procesos biológicos, todos ellos en ausencia completa de oxígeno. La materia orgánica va siendo transformada en compuestos cada vez más simples (pasando por productos intermedios como ácidos grasos volátiles o azúcares) hasta llegar a generar CH_4 y CO_2 (Figura 44). En la primera etapa, la hidrólisis, los compuestos orgánicos iniciales se transforman en sus constituyentes principales. Esta etapa suele ser la más lenta y, por lo tanto, la más limitante. Después, durante la acidogénesis, estos compuestos son transformados en diferentes ácidos. Este proceso es necesario para la obtención del biogás, pero una producción en exceso de ácidos puede provocar una bajada de pH considerable y que el resto de las bacterias dejen de actuar, bloqueando así todas las reacciones en cadena que deben tener lugar. Por eso es importante establecer unos parámetros de operación óptimos que sincronicen las diferentes velocidades de las bacterias. Finalmente, estos ácidos son transformados en biogás mediante las bacterias metanogénicas.

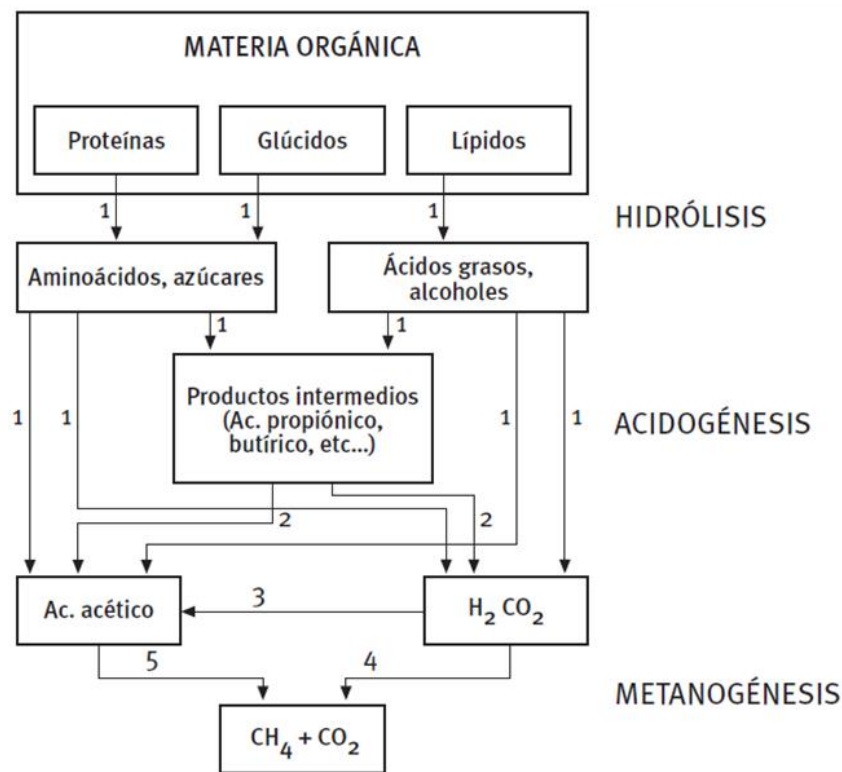


Figura 44. Diagrama de procesos de la digestión anaerobia.
Fuente: (IDAE, 2007).

Estos sistemas tienen unos requisitos de trabajo específicos por el consorcio de bacterias que trabajan. Al ser bacterias que no pueden crecer en presencia de oxígeno, los reactores tienen que ser estancos. Además, la temperatura de trabajo suele situarse en 35° y 55°C (mesofílico o termofílico, respectivamente), por lo que se necesita un sistema de calefacción para el fango que, normalmente, proviene del calor obtenido tras la combustión del biogás. Por otro lado, se recomienda trabajar en pH cercanos a la neutralidad para que no se produzca la inhibición de las bacterias. Un aspecto muy importante de estos sistemas es el tiempo de retención del fango. Normalmente se trabaja con tiempos de retención de entre 15 y 30 días porque este tipo de bacterias son más lentas que las que emplean oxígeno y al tener lugar una serie de procesos biológicos lentos son necesarios amplios tiempos de retención, sobre todo para asegurar una buena hidrólisis de la materia orgánica.

Cabe destacar que esta tecnología únicamente está enfocada en la valorización energética de la materia orgánica y en la producción de un fango estabilizado, por lo que los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo no son eliminados en este tratamiento. Aunque es una técnica recomendada para el tratamiento de los purines, no permite reducir la carga de nitrógeno asociada al purín, siendo necesario un tratamiento posterior que, en la mayoría de los casos, no se aplica.

Caracterización del purín

La caracterización del contenido de nutrientes del purín se puede hacer de dos formas. Por un lado, se puede realizar un análisis completo de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio en un laboratorio. La muestra no se debería tomar en los puntos de generación de purín porque no sería representativa. En el caso de que la granja no disponga de un tren de tratamiento se tendrían que tomar varias muestras de la balsa de purines u otros elementos donde se almacene el purín temporalmente. De esta manera se está midiendo la concentración promedia del purín (que es la de interés) y no la puntual. En caso de disponer de un tren de tratamiento, se debería tomar la muestra en el tanque de homogeneización (se explica más adelante), ya que este tanque tiene como finalidad amortiguar los cambios en la concentración y ofrecer un purín más estable. El análisis en laboratorio también permite obtener el resto de los parámetros que medir.

Por otro lado, en el mercado existe una amplia disponibilidad de equipos que permiten medir la concentración de los nutrientes “in situ” con buena fiabilidad, rapidez, sencillez y bajo coste. Aunque la caracterización completa realizada por un laboratorio no debe ni puede sustituirse, esta otra alternativa puede ser muy interesante para realizar un seguimiento del purín y conocer si su composición se mantiene estable dentro de unos rangos o va cambiando y, por lo tanto, se deben modificar los parámetros de operación del tren de tratamiento. Los puntos de medida se mantienen respecto al muestreo explicado en el anterior párrafo. También cabe señalar, que, aunque estos equipos ofrezcan un resultado fiable, nunca alcanzarían la calidad del resultado obtenido en el laboratorio. Estos métodos rápidos no están exentos de limitaciones cuando se aplican al purín porcino. Con algunos métodos es necesaria la dilución de la muestra de purín para reducir entre 10 y 100 veces la carga de nutrientes y poder asegurar una correcta medida. Uno de los equipos más empleado para ello es el Quantofix® (DGAYFA, 2015) ya que permite buenos resultados y es un método rápido (Figura 45). Pero, según el Centro de Investigaciones y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) y el Centro de Transferencia Agraria (CTA) este equipo presenta limitaciones para concentraciones de nitrógeno por encima de 5 g N/L, necesitando una dosis doble de reactivo o diluir y ajustar con el factor de dilución correspondiente para tener resultados fiables (DGDR, 2008).



Figura 45. Equipo de medida Quantofix®.
Fuente: (DGDR, 2008).

Cuando la granja todavía no esté instalada y, por lo tanto, no se disponga de una caracterización del purín, se puede recurrir a fuentes de información indirecta para obtener una aproximación de esa caracterización. Es el caso del [Decreto 153/2019, de 3 de julio, de gestión de la fertilización del suelo y de las deyecciones ganaderas y de aprobación del programa de actuación en las zonas vulnerables en relación con la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias](#) en el que se indica la cantidad (en kilogramos) de nitrógeno excretado por año y animal, así como la cantidad de purín que genera. Teniendo en cuenta estos dos parámetros se puede obtener la concentración de nitrógeno esperado en el purín (Tabla 7).

Tabla 7. Concentración de nitrógeno en el purín de acuerdo con el Decreto 153/2019			
Categoría	Cantidad de nitrógeno excretado, Kg N/año	Caudal de purín generado, m ³ purín/año	Concentración de nitrógeno, g N/L
Hembra	80,22	14	5,7
Semental	80,22	9	8,9
Reposición	40	5,5	7,3
Engorde	22	3,6	6,1
Cría	5,7	0,4	14,3

Tabla 7. Cantidad de nitrógeno presente en el purín conforme al Decreto 153/2019.
Fuente: elaboración propia.

De la anterior tabla se extrae que la concentración de nitrógeno en el purín se verá afectada por la distribución de las categorías de cerdos de la granja. Por ejemplo, las crías asimilan peor el alimento y gran parte del nitrógeno es excretado en la orina. Cabe destacar que este dato refleja la concentración del nitrógeno en la excreta directa del cerdo, antes de diluirse con las aguas de lavado.

Para una caracterización más completa se pueden emplear los datos recogidos en la Tabla 8:

Tabla 8. Caracterización promedio de un purín de cerdo	
Parámetro	Valor
Sólidos totales (ST) (g/L)	6,5-10,0
Sólidos totales volátiles (% respecto a ST)	50-75%
DQO (g/l)	6,0-7,5
Nitrógeno total (g N/L)	1,1-2,0
Amonio (g N-NH₄/L)	0,9-1,8
Fósforo total (g P/L)	0,5-1,0
Potasio total (g K/L)	0,9-1,4

Tabla 8. Análisis estándar de un purín porcino.

Fuente: elaboración propia con datos de (IDAE, 2007), (Gómez, 2014), (Redondo, 2015) y (CETENMA, 2020).

Una vez obtenida la caracterización del purín, el siguiente paso previo al diseño del tren de tratamiento sería conocer la cantidad de purín que se debe tratar. En este caso también pueden darse dos escenarios: que exista la granja y se puedan obtener datos de campo o que la instalación esté en fase de diseño y haya que recurrir a datos bibliográficos.

Para la toma de datos de campo, el empleo de caudalímetros es imprescindible. El flujo de purines que se debe obtener es el producido en un día común de productividad. Si se decide incluir un tanque de homogeneización (muy recomendable, tal y como se explicará más adelante), el objetivo de la medición de caudales no es tanto conocer el caudal punta y mínimo, sino saber cuánto purín se genera diariamente y, por lo tanto, cuál tiene que ser el tamaño de los equipos para poder tratarlo. Una forma de evaluar el caudal es a través de la medición en los canales abiertos de evacuación de los purines. Para ello, se debe contar con un caudalímetro para cada canal. El flujo total que se pretende calcular será la suma de todos los canales existentes. Los dos tipos más comunes de medidores de caudal sin interrupción en el suministro de agua son los

de inserción y los ultrasónicos (Figura 46). Los medidores de inserción son introducidos en la tubería a través de conexiones que pueden ser instaladas con la tubería cargada. Generalmente se recomienda como mejor opción el medidor de inserción de tipo turbina. Los medidores ultrasónicos pueden instalarse en la superficie externa de los tubos, sin necesidad de perforación. Sin embargo, éstos se recomiendan para mediciones en canales abiertos (INIA, 2005).

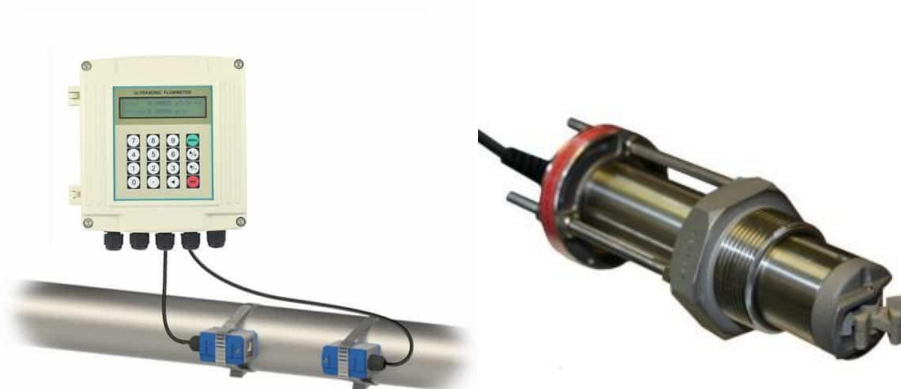


Figura 46. Caudalímetro ultrasónico de Combutec y caudalímetro de inserción de tipo turbina.
Fuente: [Hispacontrol](#).

Si la granja está en fase de diseño se puede recurrir a datos bibliográficos para conocer la cantidad de purín que genera un animal a lo largo del día o del año. En la tabla referida al Decreto 153/2019 podemos observar los caudales de purín que estima la Generalitat de Cataluña. Hay que tener en cuenta que estos caudales ya consideran la cantidad de agua empleada para las limpiezas. La relación de excreta – agua de lavado varía dependiendo del tipo de lavado con el que cuenta la granja y oscila, aproximadamente, entre 1:6 y 1:18 (18 litros de agua de lavado por 1 litro de excreta) (INIA, 2005). En otros trabajos se recoge que la cantidad de purín generado varía según la fase de crecimiento del cerdo, desde 23,5-41,1 L/animal y día durante el destete, de 10-16 L/animal día durante la maternidad y de 3,5-9,7 L/animal día durante el engorde (Villamar & Vidal, 2012). El Gobierno Foral de Navarra (FRAISORO, 2006) detectó una producción neta de 45 L por cerdo al día, un ejemplo de que el caudal producido por un cerdo adulto varía según la fuente, pero está dentro del margen de 45 a 38 L/día.

Gestión del purín

Pretratamiento

Desbaste

Para trabajar con el purín agitado de la balsa de purines es necesario aplicar una primera etapa de rejillas finas y tamices que permitan retener elementos voluminosos, arena, paja y otros que hayan sido arrastrados en el proceso de limpieza. De esta forma, se elimina material que puede obstruir otros elementos como las bombas y se extraen contaminantes abrasivos como arenas. Se trataría de un tamiz con luz de paso de 1mm, aproximadamente, para asegurar una completa retención de estos elementos.

Los residuos generados en esta etapa deben ser gestionados como residuos biológicos ya que pueden provocar infecciones variadas. Se puede disponer de rejillas y tamices autolimpiantes que vayan depositando el material retenido en un tornillo sin fin (Figura 47). Este tornillo volcará el material en un depósito destinado para tal fin y cuando esté próximo su llenado deberá retirarse y colocar uno nuevo.



Figura 47. Tamiz autolimpiante con tornillo sin fin.
Fuente: Miraplas.

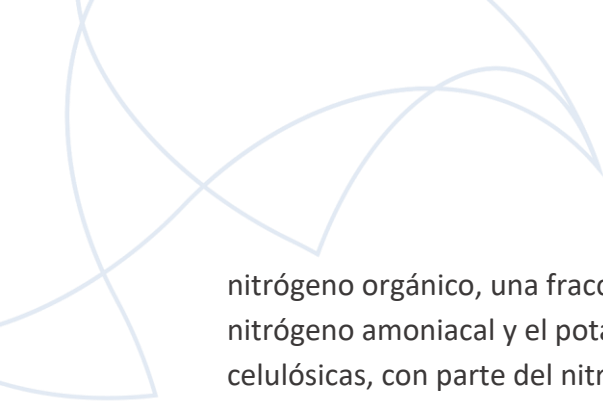
Homogeneización

El sistema de homogeneización suele ser un elemento muy simple que consiste en un tanque que permita almacenar el purín generado en un período de entre 2 y 24 horas y un agitador que mantenga el contenido mezclado y evite la sedimentación del material suspendido. Si bien espacios de tiempo más prolongados permiten una mayor homogeneización del purín al amortiguar en mayor medida los cambios bruscos que pudiera sufrir el purín en su composición y cantidad, también implica mayores volúmenes del reactor. Por otro lado, mientras más tiempo permanezca el purín en el tanque, más se incrementan las actividades microbiológicas y las emisiones de olores y amoníaco. Haciendo una estimación de los volúmenes necesarios, teniendo en cuenta el [Decreto 153/2019, de 3 de julio, de gestión de la fertilización del suelo y de las deyecciones ganaderas y de aprobación del programa de actuación en las zonas vulnerables en relación con la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias](#), un animal en una granja produce entre 14 y 5,5 m³ de purín por año (según sea una hembra, un semental o un animal en reposición). Es decir, si la granja tiene una capacidad para 2.000 animales, diariamente se estaría produciendo entre 76,7 y 30,1 m³ de purines. Como reduciendo el diámetro del depósito se reduce la cantidad de amonio emitido, se pueden plantear diseños que sean altos pero estrechos, lo que también ayuda a reducir los requisitos de superficie. En la Tabla 9 se recogen diferentes escenarios y dimensiones de los reactores atendiendo al tiempo de residencia del purín. Como se puede observar, el dimensionamiento es más del doble si se aplica la mayor homogeneización que si es la menor. El criterio de selección del tiempo de residencia deberá atender a la disponibilidad de espacio en la instalación y a las características de la generación de purines (en cuanto a su calidad y cantidad).

Tabla 9. Diseño de reactores de homogeneización según el tiempo de residencia del purín			
Volumen diario generado (m ³)	Tiempo de residencia (horas)	Altura (m)	Diámetro (m)
76,7	24	4,6	2,3
76,7	12	3,7	1,8
76,7	6	2,9	1,5
76,7	2	2,0	1,0

Tabla 9. Diseño de reactores para mezclar eficientemente el purín considerando su tiempo de resistencia.
Fuente: elaboración propia.

Es importante que el tanque se encuentre bien agitado para evitar que el purín se estratifique en tres capas bien diferenciadas; una de material sedimentado en la parte inferior de la fosa, densa, rica en elementos minerales, principalmente fósforo y



nitrógeno orgánico, una fracción líquida que contiene los elementos solubles como el nitrógeno amoniacal y el potasio y una costra superficial formada por materias celulósicas, con parte del nitrógeno orgánico (DGDR, 2008).

Como se puede ver en la Tabla anterior, los requisitos de superficie necesarios para esta operación son escasos, debido a la configuración empleada, porque el depósito es el doble de alto que de ancho y la variación es escasa entre ellos. Además, el coste energético de estos sistemas es mínimo. Tan solo se necesita una bomba de impulsión del purín generado hacia el tanque de homogeneización y el consumo de la pala que agita el tanque de mezcla. Como el coste en muchos casos no es alto se recomienda incluir una etapa de homogeneización en el tren de tratamiento que permita dotar de una mayor estabilidad a los procesos posteriores, asegurando resultados más consistentes y menores costes económicos asociados a los fallos de operación por mantener un sistema con alta variación.

Por otro lado, es recomendable que este depósito se encuentre en un espacio cerrado, con el fin de reducir las emisiones de amoníaco a la atmósfera y poder depurar correctamente los gases de emisión. De esta manera se reduciría la emisión de olores y los impactos ambientales de la granja.

Digestión anaerobia

La degradación anaerobia de los compuestos orgánicos suele ser lenta porque tienen que producirse varias etapas consecutivas:

- Una primera etapa, la más lenta, es la hidrólisis. Inicialmente la materia orgánica se encuentra formada por moléculas y compuestos orgánicos complejos que no son accesibles para las bacterias, por lo que es necesaria la degradación de esos compuestos en moléculas más simples, como monosacáridos o aminoácidos, para que las bacterias puedan disponer de ellas.
- A continuación, tiene lugar la acidogénesis. Estos compuestos orgánicos sencillos son transformados a ácidos orgánicos de cadena corta. En este proceso se forma también hidrógeno. Estas dos fases iniciales se llaman en su conjunto “fermentación oscura” y aunque tradicionalmente suponía una fase intermedia, actualmente se está investigando cómo potenciar la producción de hidrógeno, ya que puede ser empleado como combustible alternativo (Fernández-Labrada, López-Mosquera, & López-Fabal, 2022). Sin embargo, aunque este proceso tiene muy buenas proyecciones futuras debido a las ventajas que conlleva respecto al sistema tradicional (al potenciar la recuperación de un recurso de más valor)

(Krishnan et al., 2023), aquí nos centramos en el proceso convencional, un sistema más asentado y con un grado de implantación mucho mayor.

- Posteriormente, estos ácidos de cadena corta son transformados en ácido acético, el ácido orgánico más simple. Por último, las arqueas metanogénicas emplean este sustrato orgánico y el hidrógeno para formar metano.

Debido a los numerosos procesos que tienen lugar dentro del digester anaerobio, la producción del metano no es pura, suele tener una mezcla de 60% de CH₄ y 40-30% de CO₂, con alguna cantidad (menor al 10%) de H₂S, según el contenido en azufre del material que digerir. Actualmente también se están estudiando diferentes técnicas para purificar esta corriente de biogás, reduciendo el contenido de CO₂ e incrementando el de CH₄ (Ray, Kuppam, Pandit, & Kumar, 2023). De manera análoga a la fermentación oscura, aunque el *upgrading* o purificación del biogás será una cuestión importante de cara al futuro, actualmente es una técnica costosa que necesita de una mayor investigación para lograr abaratar esos costes y facilitar su implantación (Xu, Song, Zhang, & Song, 2022). Además, la purificación del biogás solo es interesante cuando se quiera utilizar como combustible, por ejemplo, para la impulsión de vehículos. Cuando ese biogás es empleado en la propia granja como gas de combustión en una caldera, no requiere una purificación y puede ser aprovechado en la forma en que es obtenido.

En este caso los requisitos de superficie y energéticos son mayores, ya que esta es la principal etapa del proceso de tratamiento de los purines. Tal y como se ha explicado, el proceso de la digestión anaerobia es lento, necesitando entre 25 y 40 días para llevarse a cabo, en función, sobre todo, de la facilidad o dificultad para degradar inicialmente los compuestos orgánicos. Siguiendo el ejemplo propuesto de una granja con 2.000 cerdos, y para hacer una estimación de las necesidades de espacio, tenemos en cuenta un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 30 días. Si como habíamos estimado, esta cantidad de cerdos produce 76,7m³/d de purín, sería necesario un biorreactor de, aproximadamente, 2.300 m³. Es decir, estaríamos hablando de un reactor de 8 metros de alto y un diámetro de 19 metros (suelen tener una relación 1:2 de altura/diámetro). Este reactor tiene que ser completamente estanco para evitar la entrada de oxígeno al interior y permitir que se recoja el biogás generado. En cuanto al aspecto energético, en un proceso de digestión anaerobia el fango necesita estar al menos a 35°C para poder realizarse correctamente su digestión e higienización. Esto se puede conseguir de varias maneras, aunque la forma más empleada es poniendo al fango en contacto con un intercambiador de calor (Figura 48). El calor proviene de la combustión del propio biogás generado, por lo que además de generar electricidad en la combustión se están eliminando los costes energéticos asociados a los requisitos

térmicos del reactor. Por otro lado, al reintroducir el fango dentro del propio reactor se está favoreciendo la mezcla de este sin necesidad de un agitador mecánico. Otra estrategia para mejorar la agitación del reactor es recircular internamente el biogás generado.

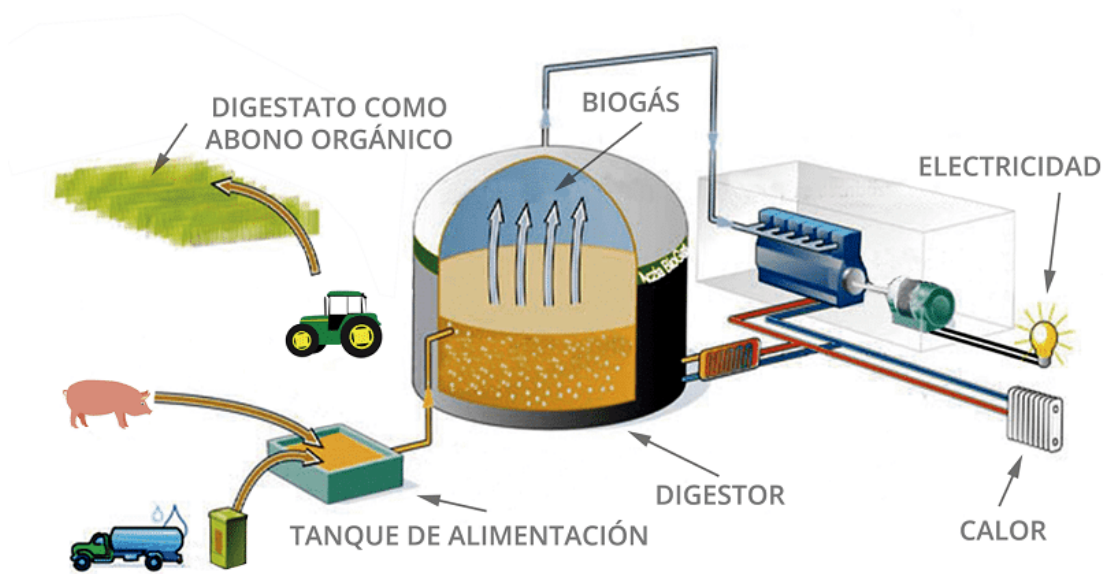


Figura 48. Esquema simplificado de la digestión anaerobia.
Fuente: Soluciones Integrales de Combustión.

Un aspecto muy importante para tener en cuenta es la cantidad de biogás generado porque este no se suele emplear directamente según se genera, sino que es almacenado en un gasómetro para utilizarlo cuando se necesite un aporte energético. Normalmente el consumo del biogás se realiza en los momentos en los que el coste energético es mayor y así disminuir la factura eléctrica. Para conocer la cantidad de metano producido por el purín se deben realizar estudios del potencial de biometanización. Este dato indicará cuánto metano se genera por unidad de sólidos suspendidos volátiles o por unidad de demanda química de oxígeno (DQO). Tomando datos de (Zhang et al., 2014) se puede decir que un gramo de sólidos suspendidos volátiles de purín genera 0,15 litros de metano. Es decir, si se dispone de un purín con 6,5 g/L de sólidos suspendidos totales y un 70% de sólidos suspendidos volátiles, se generarían 0,68 L de metano por cada kilo de purín.

Con esta primera relación se puede conocer cuántos sólidos hay en un kilo de purín, asumiendo que un kilo de purín ocupa un litro de volumen:

Sólidos en el purín = concentración de sólidos totales

Sólidos en el purín = 6,5 g de sólidos en el purín

Con la siguiente ecuación se puede saber cuántos sólidos volátiles hay en un kilo de purín, ya que estos serán los sólidos que se podrán transformar a metano:

*Sólidos volátiles en el purín = Sólidos en el purín * porcentaje de volátiles*

*Sólidos volátiles en el purín = 6,5g * 70%
= 4,5 g de sólidos volátiles en el purín*

Por tanto, si un gramo de sólidos suspendidos volátiles de purín genera 0,15 litros de metano, 4,5 gramos de sólidos volátiles generarían 0,68 L.

En nuestro ejemplo hemos considerado una cantidad de 2.300 m³ de purines generados en los 30 días de trabajo del digester anaerobio, por lo que consideramos también un gasómetro para albergar el gas generado en un máximo de 7 días, es decir, 540m³ de purín. Teniendo en cuenta la relación obtenida previamente por litro de purín, se produciría un total de 366 m³ de metano en los 7 días. Dado que el metano solo es el 60% del biogás generado, el volumen total del gas será de 610 m³. Para evitar la entrada de aire externo al gasómetro, y que se contamine el biogás generado, se trabajará a sobrepresión. De esta manera, el gas podrá fugarse del gasómetro en caso de pequeña rotura, pero no se contaminará el gasómetro con aire. Para calcular este nuevo volumen se aplicaría la siguiente ecuación:

*Presión inicial * Volumen inicial = Sobrepresión * Volumen final*

Si se quiere que la presión final sea 1,1 veces la presión atmosférica, habría que reducir el volumen un 10%, es decir, habría que almacenar 555 m³ de biogás. Como los gasómetros son esféricos, sería necesario un depósito de 10 metros de diámetro para almacenar el gas generado semanalmente. El tiempo de acumulación del biogás influye considerablemente en el volumen total necesario, por lo que una buena planificación del uso del biogás reducirá los requisitos de superficie y los costes de producción. Por ejemplo, si el margen de uso del biogás se reduce de 7 a 4 días, el diámetro del gasómetro también se reduce de 10 a 8,4 metros.

Los principales elementos necesarios para la infraestructura de una planta de digestión anaerobia son:

- Una bomba de impulsión del purín al digestor.
- Una bomba de recirculación del fango que digerir.
- Un digestor anaerobio.
- Un intercambiador de calor.
- Una caldera de combustión de biogás.
- Un gasómetro.

Para el ejemplo aquí contemplado, serían necesaria, al menos, una superficie de unos 1.000 m².

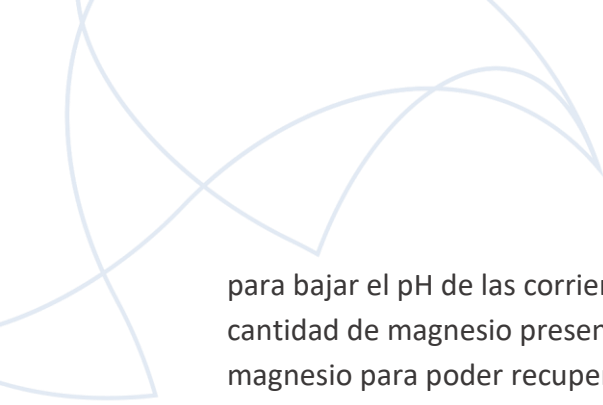
Según datos de (Purines Almazán, 2015) y (UdL-IRTA, 2004), los costes de un reactor de digestión anaerobia se amortizan antes para grandes instalaciones que para las pequeñas, por eso se recomienda una gestión centralizada, ya que la estimación del coste por m³ de purín es de 2.000 € para un reactor de 50 m³, de 900 € si es de 200 m³ y se reduce a 350 € cuando el volumen es de 1.200 m³. Lo mismo pasa con los costes de los motores de cogeneración y la caldera, que pueden oscilar entre 46.000 € y 250.000 €, en el caso de los motores, y entre 500 € y 11.000 € en el de la caldera, según la potencia eléctrica. A estos costes fijos de instalación hay que sumar los costes de mantenimiento y de consumos, que suelen estar entre 5.000 € y 15.000 €/año. Teniendo en cuenta el ahorro energético conseguido mediante la producción de biogás, el tiempo de retorno de la inversión suele ser de 10 años.

Cristalización en forma de estruvita

La cristalización de la estruvita es un método de purificación en el que los solutos, en este caso los nutrientes, al encontrarse en una situación de sobresaturación, comienzan a precipitar y formar las sales. Puede producirse en tres escenarios distintos; o bien evaporando el agua para incrementar la concentración de nutrientes, enfriando la mezcla (ya que a menor temperatura el agua podrá disolver menos cantidad de nutrientes) o, por último, añadiendo un agregado que sirva de núcleo de cristalización. En cualquiera de estos escenarios la reacción que tiene lugar es la siguiente:



Entre los parámetros más importantes que controlar están el pH, la temperatura y la disponibilidad de magnesio (Mg). El pH de trabajo suele estar en valores básicos, por encima de 7, ya que ayuda a la precipitación de las sales. Para basificar la corriente se puede emplear NaOH, que es el reactivo más barato y empleado a escala industrial



para bajar el pH de las corrientes de tratamiento. Se debe medir inicialmente la cantidad de magnesio presente en el purín y suplir ese déficit añadiendo una sal de magnesio para poder recuperar la mayor cantidad posible de nutrientes. Lo más recomendable es emplear cloruro de magnesio, $MgCl_2$, ya que el cloro restante no será un interferente en el proceso de cristalización. Tras la cristalización, pueden producirse reducciones entre el 60% y el 90% para el nitrógeno y el fósforo (Redondo, 2015) (Jordaan, Ackerman, & Cicek, 2010), en función los parámetros de operación y la relación de nitrógeno y fósforo del purín.

Este tipo de reactores tiene un cuerpo cilíndrico, donde tiene lugar la reacción, y una base cónica, donde se recoge el material precipitado. El tiempo de reacción para la formación de la estruvita depende de las condiciones de operación, pero nunca será más de 24 horas (Jiménez, 2019). Este dato es importante porque condicionará el tamaño del cristizador. Los cristalizadores tienen una forma alargada, con una relación de altura/diámetro de 2 a 3. Siguiendo con nuestro ejemplo, recordemos que en un día se generan $76,7 \text{ m}^3$ de purín, por lo que, en el caso de necesitar 24 horas de reacción, sería necesario un cristizador de 8 metros de alto y 3,6 m de ancho. Si los parámetros de operación permiten reducir el tiempo de reacción a 12 horas por ejemplo y, por lo tanto, el volumen a tratar en cada carga, las dimensiones del cristizador cambiarían a 6 m de alto y 3 m de ancho.

Actualmente el proceso de cristalización de la estruvita es bien conocido e implementado a escala industrial, como el que se muestra en la Figura 49 de la empresa Bioset. Sin embargo, debido al creciente interés en la recuperación del fósforo, un recurso no renovable e imprescindible para la vida, sumado al potencial de recuperación de nutrientes de los purines de los cerdos, el número de investigaciones relacionadas con la estruvita está en continuo auge (Figura 50). Esto indica que es una tecnología ampliamente validada, pero que sigue en proceso de mejora con el objetivo de optimizar la producción de fertilizantes y reducir los costes asociados. Una de las mejoras que se están investigando respecto a la cristalización de estruvita, en el caso de los purines de cerdo, es sustituir la fuente de magnesio por otras que tengan un precio menor y que permitan obtener resultados igual de satisfactorios (Astals et al., 2021). Otros estudios se centran en la recuperación del potasio (K) que contiene el purín para reducir las necesidades de aporte externo de magnesio y, consecuentemente, los costes (Company, Farrés, Colprim, & Magrí, 2022). En el artículo (Corona, Hidalgo, Martín-Marroquín, & Meers, 2021) se valora y analiza el tren de tratamiento aquí propuesto en el que la cristalización de la estruvita se sitúa después de la digestión anaerobia, para aprovechar la liberación de amonio y fosfato que tiene lugar durante este proceso debido a la muerte celular de las bacterias.



Figura 49. Cristalizador a escala industrial.
Fuente: Bioset.

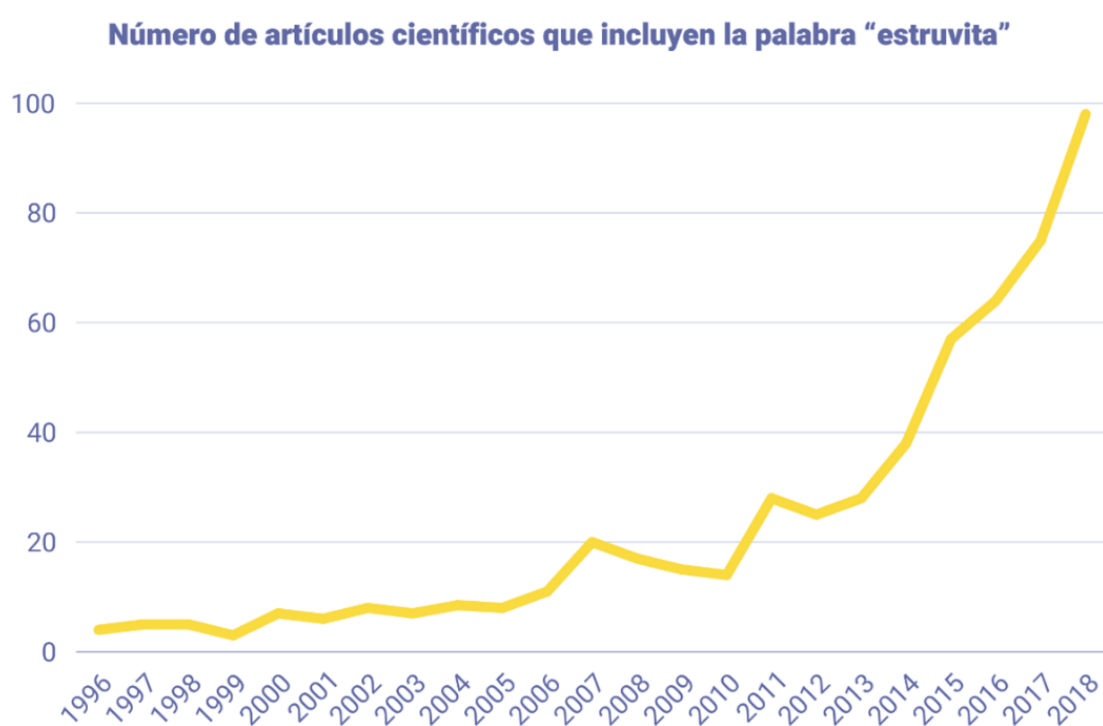


Figura 50. Cantidad de publicaciones científicas que contienen el término "estruvita".
Fuente: (Jiménez, 2019).

Índice de figuras y tablas

**Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Índice de figuras y tablas

Índice de figuras

Figura 1. Variación en el número de instalaciones de acuerdo con su dimensión.	6
Figura 2. Explotación porcino industrial en Tauste (Zaragoza) el 2 de junio de 2022.	7
Figura 3. Mercado porcino español.....	17
Figura 4. Categorías de instalaciones ganaderas y las Unidades Ganaderas Mayores (UGM).	18
Figura 5. Porcentaje de distribución del número de explotaciones y censo de cerdos por comunidad autónoma.....	19
Figura 6. Fluctuaciones en la cantidad de explotaciones y la cría de cerdos entre 2007 y 2021.	20
Figura 7. Distribución del tipo de instalaciones recogidas en el Real Decreto 306/2020.	21
Figura 8. Envíos al extranjero de toneladas de carne de cerdo desde España.	22
Figura 9. Distribución a lo largo del territorio de las instalaciones de macrogranjas recogidas en el PRTR.....	25
Figura 10. Diferentes tipos de acuíferos según la permeabilidad del material geológico que los contiene.	29
Figura 11. Proporción de aguas subterráneas afectadas por extracción excesiva en cuencas hidrográficas.	30
Figura 12. Evolución de las zonas declaradas vulnerables a nitratos de 2008 (mapa de la izquierda) y 2021 (mapa de la derecha).	31
Figura 13. Evolución de un ecosistema ecológico natural hacia uno eutrofizado.	35
Figura 14. Distribución de las emisiones de metano según la actividad industrial.	37
Figura 15. Tendencias en la liberación de metano en granjas porcinas industriales y sus cambios en la distribución.	38
Figura 16. Proceso de formación del smog fotoquímico.	40
Figura 17. Distribución de las emisiones de metano según la actividad industrial.	40
Figura 18. Procedencia de las importaciones de maíz hacia España en el año 2021 (en toneladas).	43
Figura 19. Moscas muertas en una de las casas de La Celia (Jumilla, Murcia).	46
Figura 20. Comparativa de bienestar animal.	50
Figura 21. Estabulación de los cerdos en una macrogranja.	50
Figura 22. Jerarquía de la gestión de los residuos.....	54
Figura 23. Esquema simplificado del procedimiento para obtener biogás a partir de las deyecciones ganaderas.....	57



Figura 24. Esquema del proceso administrativo de una Evaluación de Impacto Ambiental.	60
Figura 25. Priorización de superficies de agua para control de contaminaciones difusas.	63
Figura 26. Manifestación en Yecla a la que acudieron más de 5.000 personas en contra de la instalación de una macrogranja.....	67
Figura 27. Aspectos de la Autorización Ambiental Integrada.	71
Figura 28. Funcionamiento de un lavador de gases cuando el aire de entrada presenta NH ₃	73
Figura 29. Avispa Muscidifurax raptor parasitando una pupa de una mosca.....	74
Figura 30. Cubierta flotante de esferas (de panal flotante) y costra natural generada en la superficie de una balsa de purines.	76
Figura 31. Sistemas de tubos colgantes y enterradores para la aplicación de purines.	77
Figura 32. Almacenamiento de purines.	80
Figura 33. Balsa de purines sellada con membrana geotextil.....	81
Figura 34. Filtro prensa de tornillo sin fin.	83
Figura 35. Centrífuga para separación sólido-líquido.	83
Figura 36. Pilas de compost pasivas con cubierta (izquierda) y al aire libre (derecha).	84
Figura 38. Propuesta de tren de tratamiento de purines.	95
Figura 39. Esquema de las etapas implicadas en la digestión anaerobia y recursos obtenidos.....	99
Figura 40. Digestores instalados en una granja.....	100
Figura 41. Planta de valorización de purines en Almazán (Soria).	100
Figura 42. Estruvita lista para su uso.....	101
Figura 43. Reacciones en cadena que tienen lugar en el proceso de nitrificación – desnitrificación.	109
Figura 44. Esquema de un reactor de nitrificación – desnitrificación.....	110
Figura 45. Diagrama de procesos de la digestión anaerobia.	111
Figura 46. Equipo de medida Quantofix®.....	113
Figura 47. Caudalímetro ultrasónico de Combutech y caudalímetro de inserción de tipo turbina.	115
Figura 48. Tamiz autolimpiante con tornillo sin fin.....	116
Figura 49. Esquema simplificado de la digestión anaerobia.	120
Figura 50. Cristalizador a escala industrial.	124
Figura 51. Cantidad de publicaciones científicas que contienen el término "estruvita".	124



Índice de tablas

Tabla 1. Síntesis de los distintos impactos derivados de una granja industrial de cerdos y sus fuentes.	52
Tabla 2. Disminución de la liberación de olores y de amoníaco en comparación con el sistema de ventilación tradicional (Guingand N, 2022).	77
Tabla 3. Sugerencias para el revestimiento o sellado ideal en función de la textura del suelo.	80
Tabla 4. Recomendaciones de revestimiento o tratamiento adecuado en función de la profundidad del nivel freático.	81
Tabla 5. Resumen de las Mejores Técnicas Disponibles.	92
Tabla 6. Beneficios del tratamiento de los purines para los diferentes impactos que provocan.	96
Tabla 7. Cantidad de nitrógeno presente en el purín conforme al Decreto 153/2019.	113
Tabla 8. Análisis estándar de un purín porcino.	114
Tabla 9. Diseño de reactores para mezclar eficientemente el purín considerando su tiempo de resistencia.	117



Bibliografía

**Evaluación del impacto ambiental de
las macrogranjas porcinas y su
relevancia en el contexto nacional**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Bibliografía

Documentos científicos

- Aarnink, A. J. A., & Verstegen, M. W. A. (2007). Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Science*, 109(1–3).
- Astals, S., Martínez-Martorell, M., Huete-Hernández, S., Aguilar-Pozo, V. B., Dosta, J., & Chimenos, J. M. (2021). Nitrogen recovery from pig slurry by struvite precipitation using a low-cost magnesium oxide. *Science of The Total Environment*, 768, 144284.
- Botermans, J., Gustafsson, G., Jeppsson, K.-H., Brown, N., & Rodhe, L. (2010). *Measures to reduce ammonia emissions in pig production – Review. Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science, Swedish University of Agricultural Sciences.*
- Busse, L. B., Venrick, E. L., Antrobus, R., Miller, P. E., Vigilant, V., Silver, M. W., ... Prezelin, B. B. (2006). Domoic acid in phytoplankton and fish in San Diego, CA, USA. *Harmful Algae*, 5(1).
- Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*.
- Combate, C. de. (2022). *Engordados con deforestación: La soja brasileña en los piensos para cerdos en España.*
- Company, E., Farrés, M., Colprim, J., & Magrí, A. (2022). Exploring the recovery of potassium-rich struvite after a nitrification-denitrification process in pig slurry treatment. *Science of The Total Environment*, 847, 157574.
- Corona, F., Hidalgo, D., Martín-Marroquín, J. M., & Meers, E. (2021). Study of pig manure digestate pre-treatment for subsequent valorisation by struvite. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(19), 24731–24743.
- DGAyFA. (2015). Fertilización con purín porcino en fondo y cobertera en cereal de secano. *Informaciones Técnicas. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario.*, 257.
- DGDR. (2008). Métodos rápidos de análisis como herramienta de gestión en la fertilización con purín porcino: conductimetría. *Informaciones Técnicas. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria*, 195.



Dourmad, J. Y., Seve, B., Latimier, P., Boisen, S., Fernandez, J., Van der Peet-Schwering, C., & Jongbloed, A. W. (1999). Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livestock Production Science*, 58(3).

Durrant, M. G., Li, M. M., Siranosian, B. A., Montgomery, S. B., & Bhatt, A. S. (2020). A Bioinformatic Analysis of Integrative Mobile Genetic Elements Highlights Their Role in Bacterial Adaptation. *Cell Host and Microbe*, 27(1).

EA, & MAPA. (2021). *Ganadería industrial y despoblación*.

Ecobiogas. (2023). Ecobiogas. Retrieved from http://www.ecobiogas.es/archivos/es/projectes_vila-sana.php

Ellwanger, J. H., Kulmann-Leal, B., Kaminski, V. L., Valverde-Villegas, J. M., DA VEIGA, A. B. G., Spilki, F. R., ... Chies, J. A. B. (2020). Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 92(1).

Fernández-Labrada, M., López-Mosquera, M. E., & López-Fabal, A. (2022). Anaerobic Digestion and Microfiltration of the Liquid Fraction of Pig Slurry: N Mineralization, C-CO₂ Emissions and Agricultural Value of the Products. *Waste and Biomass Valorization*.

FRAISORO. (2006). *Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Guipúzkoa*.


Franz, R., Soliva, C. R., Kreuzer, M., Hummel, J., & Clauss, M. (2011). Methane output of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed a hay-only diet: Implications for the scaling of methane production with body mass in non-ruminant mammalian herbivores. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, 158(1).

Gao, F. Z., He, L. Y., He, L. X., Zou, H. Y., Zhang, M., Wu, D. L., ... Ying, G. G. (2020). Untreated swine wastes changed antibiotic resistance and microbial community in the soils and impacted abundances of antibiotic resistance genes in the vegetables. *Science of the Total Environment*, 741.

Gobierno de Navarra. (2005). Reducir las emisiones de amoniac y olores en el reparto de purines. *Navarra Agraria*.

Guingand N. (2022). Réduction des Émissions d'Ammoniac - - De la Convention de Genève à la Loi Sur l'Air. *Techni Porc*.





Holmer, I., Salomonsen, C. M., Jorsal, S. E., Astrup, L. B., Jensen, V. F., Høg, B. B., & Pedersen, K. (2019). Antibiotic resistance in porcine pathogenic bacteria and relation to antibiotic usage. *BMC Veterinary Research*, 15(1).

idea. (2007). *Biomasa Digestores anaerobios*.

INIA. (2005). *Recomendaciones Técnicas para la Gestión Ambiental en el Manejo de Purines de la Explotación Porcina*. (José María Peralta Alba, Ed.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

Jiménez, I. (2019). *La estruvita: fuente de fósforo reciclada obtenida a partir de residuos urbanos y agroindustriales*. Universidad de Sevilla.

Jobany Morazán Nuñez, H. (2015). *Emisión de amoníaco (NH₃) y gases con efecto invernadero (CH₄ y N₂O) en cerdos en crecimiento: efecto del nivel de proteína y fibra de la ración*. Universitat de Lleida.

Jordaan, E. M., Ackerman, J., & Cicek, N. (2010). Phosphorus removal from anaerobically digested swine wastewater through struvite precipitation. *Water Science and Technology*, 61(12).

Kaparaju, P., & Rintala, J. (2005). Anaerobic co-digestion of potato tuber and its industrial by-products with pig manure. *Resources, Conservation and Recycling*, 43(2).

Krishnan, S., Kamyab, H., Nasrullah, M., Wahid, Z. A., Yadav, K. K., Reungsang, A., & Chaiprapat, S. (2023). Recent advances in process improvement of dark fermentative hydrogen production through metabolic engineering strategies. *Fuel*, 343.

Lau, C. H. F., Tien, Y. C., Stedtfeld, R. D., & Topp, E. (2020). Impacts of multi-year field exposure of agricultural soil to macrolide antibiotics on the abundance of antibiotic resistance genes and selected mobile genetic elements. *Science of the Total Environment*, 727.

Lekagul, A., Tangcharoensathien, V., & Yeung, S. (2019). Patterns of antibiotic use in global pig production: A systematic review. *Veterinary and Animal Science*.

Li, S., Zhou, Y., Zhao, Y., Li, W., Song, W., & Miao, Z. (2015). Avian influenza H9N2 seroprevalence among pig population and pig farm staff in Shandong, China Influenza viruses. *Virology Journal*, 12(1).

MAPA. (2021a). *El sector de la carne de cerdo en cifras*.

- MAPA. (2021b). *Informe anual de implantación de mejores técnicas disponibles en el sector porcino intensivo*.
- MAPA. (2022). Informe de seguimiento de los planes hidrológicos de cuenca y de los recursos hídricos en España.
- MAPA. (2023). *Plan de acción de aguas subterráneas 2023 – 2030*.
- MARM. (2010). Caracterización de sistemas de gestión de deyecciones. Sector porcino intensivo. Retrieved from <http://www.060.es>
- Monger, X. C., Gilbert, A. A., Saucier, L., & Vincent, A. T. (2021). Antibiotic resistance: from pig to meat. *Antibiotics*.
- Moraes, L. E., Burgos, S. A., DePeters, E. J., Zhang, R., & Fadel, J. G. (2017). Short communication: Urea hydrolysis in dairy cattle manure under different temperature, urea, and pH conditions. *Journal of Dairy Science*, 100(3).
- Moreno, A., Di Trani, L., Alborali, L., Vaccari, G., Barbieri, I., Falcone, E., ... Cordioli, P. (2010). First Pandemic H1N1 Outbreak from a Pig Farm in Italy. *The Open Virology Journal*, 4.
- Pereda, A., Cappuccio, J., Quiroga, M. A., Baumeister, E., Insarralde, L., Ibar, M., ... Perfumo, C. J. (2010). Pandemic (H1N1) 2009 outbreak on pig farm, Argentina. *Emerging Infectious Diseases*, 16(2).
- Philippe, F. X., Cabaraux, J. F., & Nicks, B. (2011). Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Priyadarsini, S. L., Suresh, M., & Huisingh, D. (2020). What can we learn from previous pandemics to reduce the frequency of emerging infectious diseases like COVID-19? *Global Transitions*, 2.
- Purines Almazán. (2015). Biodigestión de purines. *II Jornada de Ganadería y Medio Ambiente Sistemas de gestión de deyecciones ganaderas*. Madrid.
- Ray, S., Kuppam, C., Pandit, S., & Kumar, P. (2023). Biogas Upgrading by Hydrogenotrophic Methanogens: An Overview. *Waste and Biomass Valorization*, 14(2).
- Redondo, L. B. (2015). Análisis y caracterización de purines para la obtención de estruvita y biogás.



Renovables, F. (2022). *El Pacto Verde Europeo se hace local*.

Salazar Arce, T. (2014). Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de Investigación Universitaria*, Vol. 3 (2), 74–84.

Swann, A. L. S., Longo, M., Knox, R. G., Lee, E., & Moorcroft, P. R. (2015). Future deforestation in the Amazon and consequences for South American climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214–215.

UdL-IRTA. (2004). Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. Retrieved from http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf

Villamar, C. A., & Vidal, G. (2012). Indicadores productivos y características físicoquímicas como herramientas para la gestión en el tratamiento y disposición de purines. In & J. L. G. Vidal, G. Pozo & Arumi (Eds.), *Aportes a la gestión y optimización de la tecnología ambiental del sector porcino* (pp. 13–23). Universidad de la Concepción.

Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., de Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., ... van Breda, S. G. (2018). Drinking water nitrate and human health: An updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

Weeden, C. R., Shelton, A. M., Li, Y., & Hoffmann, M. P. (2001). Biological Control Guide To Natural Enemies In North America. *Cornell University*.

Wolfe, A. H., & Patz, J. A. (2002). Reactive nitrogen and human health: Acute and long-term implications. In *Ambio* (Vol. 31).

Xu, H., Song, Y., Zhang, Y., & Song, H. (2022). Organic solid waste upgrading under natural gas for valuable liquid products formation: Pilot demonstration of a highly integrated catalytic process. *Bioresource Technology*, 346.

Yang, Y., Liu, Z., Xing, S., & Liao, X. (2019). The correlation between antibiotic resistance gene abundance and microbial community resistance in pig farm wastewater and surrounding rivers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 182.

Zaragoza, H. (2019). *La recarga de acuíferos. Análisis de su estimación de acuerdo con la información disponible, el caso del Acuífero del Valle de San Juan del Río, Querétaro*. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

Zemp, D. C., Schleussner, C. F., Barbosa, H. M. J., & Rammig, A. (2017). Deforestation effects on Amazon forest resilience. *Geophysical Research Letters*, 44(12).

Zhang, W., Wei, Q., Wu, S., Qi, D., Li, W., Zuo, Z., & Dong, R. (2014). Batch anaerobic co-digestion of pig manure with dewatered sewage sludge under mesophilic conditions. *Applied Energy*, 128.

Zurayk, R. (2020). Pandemic and Food Security: A View from the Global South. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*.

Páginas web consultadas

Capítulo 1

Datacomex: <https://datacomex.comercio.es/>

Destatis: <https://www.destatis.de/DE/Home/inhalt.html>

ElPaís.com: <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-01-23/las-macrogranjas-paso-a-paso-un-proceso-industrial-para-criar-53-millones-de-cerdos-al-ano.html>

INE, 2022: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=3994>

Stop Ganadería Industrial: <https://stopganaderiaindustrial.org/#somos>

MAPA: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/porcino/>

PRTR: <https://prtr-es.es/Informes/InventarioInstalacionesPPC.aspx>

Capítulo 2

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación:
<https://www.mapa.gob.es/en/prensa/ultimas-noticias/el-secretario-general-de-agricultura-y-alimentaci%C3%B3n-analiza-con-el-sector-cerealista-y-de-piensos-el-impacto-de-la-invasi%C3%B3n-rusa-de-ucrania/tcm:38-612041>

20minutos.es: <https://blogs.20minutos.es/cronicaverde/2022/05/19/un-estudio-responsabiliza-a-las-macrogranjas-del-agua-de-mierda-de-muchos-pueblos/>

Encastillalamancha.es: <https://www.encastillalamancha.es/castilla-la-mancha-cat/albacete/pueblos-de-clm-se-manifiestan-en-albacete-contras-las-macrogranjas-y-plantas-de-biogas-somos-territorio-de-sacrificio/>



Publico.es: <https://www.publico.es/politica/supremo-confirma-condena-xunta-autorizar-macrogranja-evaluar-riesgo-salud-medio-ambiente.html>

Aragón Existe: <https://aragonexiste.org/aragon-existe-congreso-macrogranja-el-frago-1/>

Cadenaser.com:

https://cadenaser.com/emisora/2021/06/09/radio_zamora/1623254481_733189.html

Eldiario.es: https://www.eldiario.es/aragon/sociedad/guara-grifo-nitratos-parque-natural_1_1632666.html

Cámaras de Comercio y Aduanas: <http://aduanas.cameras.org/>

Laopiniondezamora.es:

<https://www.laopiniondezamora.es/comarcas/2022/08/26/macrogranja-carbajales-beberia-agua-pueblo-73864999.html>

Catálogo de metadatos del MAPA:

<https://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/catalog.search#/metadata/90d30112-b415-4a11-ac95-831e606d2db0>

Eldiario.es: https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/pueblos-huelen-residuos-macrogranja-sufren-cortes-agua-no-atrevo-beber-grifo_1_8712533.html

Infolibre.es: https://www.infolibre.es/medioambiente/municipio-70-habitantes-zaragoza-lucha-construccion-macrogranja-dejaria-agua_1_1387987.html

Elmundo.es: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2021/10/27/61684dd9e4d4d8a5638b4596.html>

Elpais.com: <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-01-12/claves-de-la-polemica-de-las-macrogranjas-en-espana-cuales-son-sus-efectos-negativos-que-dijo-exactamente-garzon.html>

Eldiario.es: https://www.eldiario.es/aragon/val-pantano-usarlo-convirtio-vertedero_1_2167544.html



Heraldodiariodesoria.elmundo.es:

<https://heraldodiariodesoria.elmundo.es/articulo/provincia/fuentearmegil-rebel-granja-4660-cerdos/20221026201833344935.html>

Grain.org: <https://grain.org/en/article/6437-new-research-suggests-industrial-livestock-not-wet-markets-might-be-origin-of-covid-19>

Elmundo.es: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2021/10/27/61684dd9e4d4d8a5638b4596.html>

Elespanol.com: https://www.elespanol.com/enclave-ods/historias/20220819/tablas-daimiel-agonizan-sequia-ilegales-parque-desaparezca/696430531_0.html

Ministerio Transición Ecológica y el Reto Demográfico:

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/particulas.aspx>

National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2020/06/deforestacion-amazonas-alcanza-niveles-historicos-debido-consumo-carne>

ONU: <https://unfccc.int/es/node/2409>

Pacto Verde Europeo: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/>

PRTR: <https://prtr-es.es/Informes/InventariInstalacionesIPPC.aspx>

Consejo de la Unión Europea: <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2022/12/19/member-states-agree-on-new-rules-to-slash-methane-emissions/>

Eldiario.es (Riesgos para la salud pública relacionados con la instalación de macrogranjas porcinas): https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/informe-riesgos-relacionados-instalacion-macrogranjas_1_2125370.html

Science.org: <https://www.science.org/content/article/ammonia-poorly-understood-smog-ingredient-could-be-key-limiting-deadly-pollution>



Elconfidencial.com: https://www.elconfidencial.com/espana/2021-06-12/granja-segovia-cerdos-agua-sequera-del-fresno_3109815/

Cadenaser.com: <https://cadenaser.com/2022/02/01/vivir-al-lado-de-una-macrogranja-mis-amigos-no-quieren-venir-a-mi-casa-y-nos-comen-las-moscas/>

Europapress.es: <https://www.europapress.es/galicia/noticia-denuncian-instalacion-macrogranja-cerca-casas-silleda-xunta-asegura-cumple-toda-normativa-20220207171426.html>

Niusdiario.es: https://www.niusdiario.es/espana/andalucia/aldea-recoge-firmas-detener-instalacion-macrogranja-porcina-jaen_18_3276273633.html

Theguardian.com:
<https://www.theguardian.com/environment/2023/mar/06/revealed-1000-super-emitting-methane-leaks-risk-triggering-climate-tipping-points#:~:text=More%20than%201%2C000%20%E2%80%9Csuper%2Demitter,equivalente%20to%2067m%20running%20cars.>

Alcarriaesmas.com (Torrejuncillo del Rey - Cuenca):
https://alcarriaesmas.com/DOCUMENTOS/sentencia_torrejuncillo.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación:
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_vrural%2FVrural_2003_178_46_49.pdf

Europapress.es: <https://www.europapress.es/andalucia/noticia-preparan-alegaciones-contra-proyecto-macrogranja-cerdos-entorno-geoparque-granada-20220811173522.html>

Capítulo 3

Laopiniondemurcia.es:
<https://www.laopiniondemurcia.es/comunidad/2022/09/07/comunidad-avala-ampliacion-granja-pese-75120786.html>

Eldiario.es: https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/confederacion-guadiana-irregulares-macrogranja-almendros_1_1472444.html



Eldiario.es: https://www.eldiario.es/castilla-la-mancha/cuenca/tsj-anula-ordenanza-purines-pueblo-cuenca-aprobo-blindarse-macrogranjas-porcinas_1_9710494.html

Sietediasyecla.com: <https://www.sietediasyecla.com/2021/12/20/la-confederacion-hidrografica-del-segura-frena-la-granja-en-el-arabi/>

Horajaen.com : <https://www.horajaen.com/2023/02/24/rechazo-definitivo-a-la-macrogranja-de-cerdos-de-bailen/>

Cabezondepisuerga.es: <https://cabezondepisuerga.es/alegaciones-macrogranja-calculadora-de-impactos-ambientales>: <https://stopganaderiaindustrial.org/simulador-impactos-ambientales-de-una-macrogranja-porcina/>

Diariodesevilla.es: https://www.diariodesevilla.es/sociedad/daimiel-prohibe-instalacion-macrogranjas-municipio_0_1646536739.html

Heraldo.es: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2023/02/05/freno-a-nuevas-granjas-en-un-12-de-la-cuenca-del-ebro-por-la-contaminacion-del-agua-con-nitratos-1629121.html>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación:
<https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/ganaderia-y-medio-ambiente/calculo-emisiones/default.aspx>

Cartv.es: <https://www.cartv.es/aragonnoticias/noticias/el-alcalde-de-el-frago-denuncia-en-las-cortes-que-una-macrogranja-de-porcino-dejara-sin-agua-al-pueblo>

Generalitat de Catalunya:
https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/avaluacio_ambiental/participacio_publica/

Gobierno de Aragón: <https://www.aragon.es/-/participacion-publica>

Guía jurídica:
https://drive.google.com/file/d/1HtwNIMxb3_uQ2Du3ihECaMV3wk4ziN4t/view

Lacontradejaen.com: <https://lacontradejaen.com/macrogranja-solera-huelma-jaen/>



Junta de Castilla y León: <https://medioambiente.jcyl.es/web/es/participacion-educacion-ambiental/procedimientos-informacion-publica.html>

Lainformacion.com: https://www.lainformacion.com/espana/guardia-civil-investiga-responsable-torres_0_949405743.html/

MITECO: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/091006-biometanizacion_tcm30-446947.pdf

Cadenaser.com: <https://cadenaser.com/2022/01/28/motilla-aprueba-definitivamente-su-ordenanza-para-evitar-macrogranjas/>

Murciaplaza.com: <https://murciaplaza.com/mas-de-5000-personas-claman-en-yecla-contra-la-macrogranja-del-monte-arabi>

Naiz.eus: <https://www.naiz.eus/es/info/noticia/20210429/la-confederacion-del-duero-niega-el-permiso-a-valle-de-odieta-para-la-macrogranja-de-noviercas>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plan de Biodigestión de Purines: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/ganaderia-y-medio-ambiente/plan-de-biodigestion-de-purines/>

Lanzadigital.com: <https://www.lanzadigital.com/provincia/porzuna/presentadas-las-alegaciones-del-ayuntamiento-de-porzuna-al-proyecto-de-la-macrogranja/>

PRTR: <https://prtr-es.es/informes/pollutant.aspx>

Lasnoticiasdecuencia.es: <https://www.lasnoticiasdecuencia.es/provincia/quintanar-del-rey-aprueba-ordenanza-reguladora-gestion-purines-51496>

Diariodeburgos.es: <https://www.diariodeburgos.es/Noticia/z052abbd6-b2d9-62f6-e54c86b91f5fc363/202110/Proyectan-2-granjas-porcinas-con-4000-cabezas-en-la-Ribera>

Elcorreodeburgos.com: <https://www.elcorreodeburgos.com/burgos/provincia/220403/172094/seis-alcaldes-ribera-unidos-macrogranjas.html>



Stop Ganadería Industrial: <https://stopganaderiaindustrial.org/#somos>

Capítulo 4

Lacomarca.net: <https://www.lacomarca.net/vertido-incontrolado-purin-hace-saltar-alarmas-rio-algars/>

Sietediasyecla.com: <https://www.sietediasyecla.com/2021/12/20/la-confederacion-hidrografica-del-segura-frena-la-granja-en-el-arabi/>

Campogalego.es: <https://www.campogalego.es/como-reducir-las-emisiones-gestion-del-purin-y-el-estiercol/>

Campogalego.es: <https://www.campogalego.es/separacion-de-la-parte-solida-y-liquida-del-purin-valoracion-de-los-distintos-sistemas/#:~:text=%2DSeparaci%C3%B3n%20por%20centrifugaci%C3%B3n%3A&text=Entre%2040.000%2D%2060.000%20%E2%82%AC%20para,5%2D2%20m3%2Fh.>

Heraldo.es: <https://www.heraldo.es/branded/agroxcontrol-el-purin-bien-gestionado-y-su-valor-ambiental/>

Iagua.es: <https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/depuracion-principiantes-ix-iii-deshidratacion-fango-centrifugadoras>

IMCUR: <https://www.imcur.com/construccion-balsas-de-purines/>

Joskin.com: <https://www.ioskin.com/es/utiles-de-esparcimiento/terrasoc>

Murcia.com : <https://www.murcia.com/lorca/noticias/2017/11/03-iu-alerta-que-la-unica-planta-de-tratamiento-y-cogeneracion-de-purines-que.asp>

Lavozdeg Galicia.es: <https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/lugo/2023/02/03/dos-denunciados-vertido-purin-muras-mato-mil-peces/00031675425731094646427.htm>

Cadenaser.com: https://cadenaser.com/ser/2014/04/15/economia/1397518750_850215.html

Naiz.eus: <https://www.naiz.eus/es/info/noticia/20210429/la-confederacion-del-duero-niega-el-permiso-a-valle-de-odieta-para-la-macrogranja-de-noviercas>

Panel flotante: <https://sistemaspanelflotante.es/fotos-cubiertas-flotantes/>



Murciaplaza.com: <https://murciaplaza.com/lorca-declara-de-interes-publico-la-planta-de-biogas-para-reciclar-purines-que-impulsa-la-ciezanaaurea-green>

Zwenergy.eu: <https://zwenergy.eu/portfolio/planta-zero-waste-energy-castilla-la-mancha-polan-toledo/>

Agroinformacion.com: <https://agroinformacion.com/el-congreso-pide-al-gobierno-que-facilite-la-reapertura-de-plantas-de-tratamientos-de-purines/>

Lavozdegalicia.es:
<https://www.lavozdegalicia.es/noticia/santiago/santiago/2021/09/16/retiran-purin-regato-trazo-comenzo-vertido-tambre/00031631820003038438598.htm>

Diariodeteruel.es: <https://www.diariodeteruel.es/teruel/un-vertido-legal-de-purines-cerca-de-platea-origen-de-malos-olores-en-la-ciudad>

Universidad de Florida:
https://entnemdept.ufl.edu/creatures/BENEFICIAL/WASPS/Muscidifurax_raptor.htm

Wet-Scrubbers: <https://wet-scrubber.com/ammonia-gas-scrubber/>

Zero Waste Energy: <https://zwenergy.eu/portfolio/planta-zero-waste-energy-castilla-la-mancha-polan-toledo/>

Capítulo 5

Agència de Residus de Catalunya:
https://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/valoritzacio_reciclatge/instal_lacions_de_gestio/tractament_biologic/digestio_anaerobia/

Agricultural marketing resource center: <https://www.agmrc.org/commodities-products/biomass/manure-digester-biogas>

Bioset: <https://www.schwingbioset.com/es/pima-county-az-tres-rios-wrf-biosolids-system-upgrades-part-four-nuresys-nutrient-recovery-system/>

Combutec: <https://combutec2010.com/producto/caudalimetro-ultrasonico-para-montaje-en-continuo/>

Farm Progress: <https://www.farmprogress.com/crops/new-fertilizer-keeps-phosphorus-available-when-your-plants-need-it-most>



Heraldodiariodesoria.elmundo.es:

<https://heraldodiariodesoria.elmundo.es/articulo/provincia/purines-almazan-construira-planta-compostaje/20170527133418256863.html>

Hispacontrol.com: <https://www.hispacontrol.com/es/liquididos/469-caudalimetro-de-turbina-de-insercion-400-titan.html>

Miraplas.com: <http://www.miraplas.com/productos/depuracion-biologica/pretratamientos/>

Soluciones Integrales de Combustión: <https://solucionesdecombustion.com/biogas-energia-renovable-de-futuro/>

Legislación

Decreto 4/2018, de 22 de febrero, por el que se determinan las condiciones ambientales mínimas para las actividades o instalaciones ganaderas de Castilla y León.

Decreto 153/2019, de 3 de julio, de gestión de la fertilización del suelo y de las deyecciones ganaderas y de aprobación del programa de actuación en las zonas vulnerables en relación con la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Decreto-Ley 7/2021, de 20 de julio, por el que se adoptan medidas extraordinarias de limitación a la densidad ganadera.


Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo respecto a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos.

Directiva 2008/120/CE del Consejo, de 18 de diciembre de 2008, relativa a las normas mínimas para la protección de cerdos.

Directiva 2010/75/UE sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).

Ley 21/2013, de evaluación ambiental.





Ley 1/2022, de 14 de enero, de Medidas Tributarias y Administrativas de Castilla-La Mancha.

Ley 7/2022, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Ley 6/2023, de 23 de febrero, de protección y modernización de la agricultura social y familiar y del patrimonio agrario de Aragón.

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.

Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, que regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines.

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

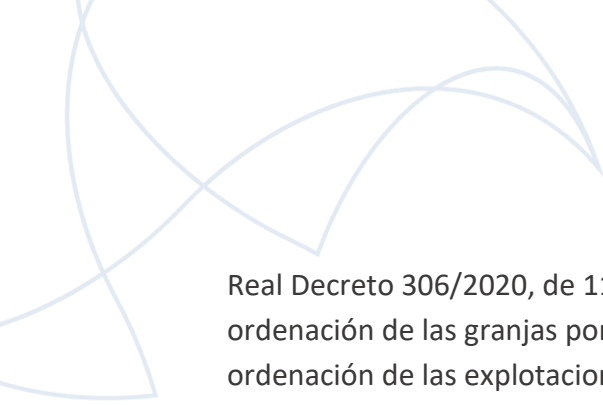
Real Decreto 1392/2012, de 5 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos.

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

Real Decreto 181/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1625/2011, de 14 de noviembre, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones destinadas al fomento de las razas autóctonas españolas.

Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.

Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos.



Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo.

Real Decreto 988/2022, de 29 de noviembre, por el que se regula el Registro General de las Mejores Técnicas Disponibles en Explotaciones y el soporte para el cálculo, seguimiento y notificación de las emisiones en ganadería y se modifican diversas normas en materia agraria.

Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios.

Real Decreto 159/2023, de 7 de marzo, por el que se establecen disposiciones para la aplicación en España de la normativa de la Unión Europea sobre controles oficiales en materia de bienestar animal y se modifican varios.



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Santa Engracia, 108. 5º Int. Izda.
28003 Madrid

www.fundacionrenovables.org

