



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MEMORIA ACTUACIÓN JUSTIFICATIVA

**CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA GENERALITAT A TRAVÉS DE LA
CONSELLERIA DE AGRICULTURA, DESARROLLO RURAL, EMERGENCIA
CLIMÁTICA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA, Y LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA, EN LA DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA
GANADERÍA EN LA COMUNITAT VALENCIANA**

Equipo de trabajo:

Salvador Calvet Sanz (Responsable científico-técnico), María Consuelo Calafat, Fernando Estellés, Aurea Gallego, Maria Desamparados Blázquez, Elena Sanchis

Noviembre de 2022

INTRODUCCIÓN

Este documento resume los trabajos realizados hasta la fecha dentro del convenio entre la Generalitat Valenciana y la Universitat Politècnica de València para la disminución del impacto ambiental de la ganadería en la Comunitat Valenciana, realizado durante el año 2022.

El convenio recoge un plan de trabajo con seis tareas, que se detallan a continuación explicado el trabajo realizado en cada una de ellas, así como los resultados obtenidos.

TAREA 1. FORMACIÓN Y ASESORAMIENTO A GANADEROS Y TÉCNICOS DEL SECTOR

La entrada en vigor del R.D. 306/2020, de ordenación del sector porcino, está suponiendo todo un reto para los ganaderos, ya que deben adecuar sus instalaciones a las exigencias establecidas en dicho R.D. Por ello, dentro de esta tarea se han realizado a lo largo del año una serie de jornadas de formación para ganaderos, técnicos, así como cualquier persona interesada, en relación al R.D. 306/2020 y las técnicas disponibles en la actualidad para alcanzar los objetivos de reducción exigidos.

Hasta la fecha, se han realizado un total de 11 jornadas de formación, a las que han asistido más de 500 personas. Tres de estas formaciones se realizaron a través de plataformas online, y el resto de estas jornadas se realizaron de manera presencial en el lugar concretado por los interesados. En concreto, se han realizado las siguientes jornadas formativas:

Tabla 1. Listado de jornadas formativas realizadas

| Fecha | Ubicación | Descripción | Asistentes |
|------------|-----------------------------------|--|------------|
| 10/02/2022 | Online | Jornada veterinarios GVA Castellón | 20 |
| 10/02/2022 | Utiel | Ganaderos ADS Utiel | 30 |
| 11/02/2022 | Online | Jornada veterinarios GVA Valencia | 40 |
| 14/02/2022 | Online | Jornada veterinarios GVA Alicante | 40 |
| 24/02/2022 | Alpuente | RD 306/2020 y Proyecto Agrocompostaje-Purines | 30 |
| 09/03/2022 | Sant Mateu | Formación ganaderos ADS Els Ports | 80 |
| 31/03/2022 | Llutxent (presencial y online) | Jornadas gestión purines | 150 |
| 01/04/2022 | Llutxent | Jornadas gestión purines. Visita a granja | 30 |
| 21/04/2022 | Titaguas | RD 306/2020 y demostración separador móvil en granja | 15 |
| 03/05/2022 | Atzeneta del Maestrat | RD 306/2020 y demostración separador móvil en granja | 20 |
| 26/05/2022 | Tuéjar | RD 306/2020 y subvenciones GVA para balsas | 50 |

En todas estas jornadas se han repartido trípticos para la difusión de las mejores técnicas disponibles en producción porcina y de recomendaciones sobre cómo reducir emisiones y manejar el purín cumpliendo el R.D. 306/2020, elaborados por la UPV dentro del convenio del año 2021 con la GVA. Este tríptico se encuentra disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/181365>.

A continuación se muestran dos imágenes de algunas de las jornadas de formación realizadas.



Figura 1. Jornada de formación a ganaderos en Sant Mateu



Figura 2. Jornada de formación a ganaderos junto a miembros de la Generalitat Valenciana en Tuéjar

TAREA 2. DESARROLLO DE UNA PRUEBA PILOTO PARA LA GESTIÓN DE PURINES DE CERDO EN LA COMARCA DE UTIEL – REQUENA

En esta tarea se pretende desarrollar una prueba piloto para la gestión de purines en la comarca de Utiel – Requena, aprovechando la fracción líquida de los purines para fertilizar los cultivos de la zona mediante sistemas de fertirrigación.

Para ello, se ha estado trabajando junto a ganaderos y miembros de la ADS de Utiel, estableciendo la siguiente hoja de ruta (para alcanzar en el medio/largo plazo):

1. Selección de una granja para participar en el ensayo

Para la puesta en marcha del ensayo se contará con la participación del representante de la granja Expoinor SL, ubicada en el término municipal de Utiel. Expoinor SL es una granja de cerdas reproductoras, que tiene instalado un novedoso sistema de separación sólido-líquido y acidificación del purín.

Mediante este sistema, el purín pasa en primer lugar por un separador mecánico que separa la fracción líquida y sólida del purín. La fracción sólida, va a parar a unas zonas de desecación, que permitirá su aprovechamiento como fertilizante orgánico en estado sólido.

La fracción líquida entra en un reactor físico-químico, donde en primer lugar entra en contacto con un acidificante y posteriormente con un floculante. Finalmente, un tamiz separa los sólidos floculados, y sale la fracción líquida de purín que puede ser aprovechada para fertirrigación en los cultivos, en sustitución de fertilizantes sintéticos.

Al haber separado la mayor parte de los sólidos en suspensión del purín, la fracción líquida que sale del reactor tiene unas concentraciones más bajas de nitrógeno, fósforo y potasio que el purín inicial, lo que permite aumentar el volumen de purín aplicado a los cultivos.

Las características de esta granja y el equipamiento instalado, la hacen idónea para participar como suministrador de purín en este ensayo piloto.

2. Selección de una explotación agrícola para participar en el ensayo

Para la distribución del purín en las tierras de cultivo, se contará con la comunidad de regantes de la comarca de Utiel-Requena, de modo que el purín obtenido se introduzca mediante fertirrigación en los sistemas de riego de los agricultores que lo deseen.

Se seleccionará una explotación agrícola, donde se aplicará el purín a través de su sistema de fertirriego.

3. Balance de nitrógeno y cálculo de las dosis necesarias para el cultivo.

En este punto se calcularán las dosis de N necesarias para los cultivos en base a los siguientes aspectos:

- Características del purín que se puede obtener de la granja. Se analizarán volúmenes producidos y se harán analíticas de los compuestos nitrogenados del purín, así como del fósforo y del potasio.
- Necesidades del cultivo. Se definirá el tipo de cultivo, las dosis de N requeridas, etc. Para ello, se harán analíticas del suelo para determinar exactamente las cantidades de nutrientes que se deben aportar.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definirá un plan de fertilización anual del cultivo objeto de fertirrigación, en el que se definan las dosis de N a aportar, el volumen de purín, los momentos de aplicación, etc.

4. Valoración de costes de la explotación agrícola.

Una vez establecido lo anterior, se llevará a cabo una valoración de los costes de la explotación agrícola en relación a la fertilización nitrogenada de los cultivos. Se tomará como referencia los costes del agricultor en fertilizantes sintéticos, obtenidos de un año medio antes de iniciar este ensayo piloto.

Por otro lado, al finalizar el año se hará un análisis de los costes que han supuesto al agricultor el empleo del purín en el sistema de riego, para, finalmente, hacer una comparativa y conocer si el uso de purín como fuente de fertilización orgánica ha supuesto un ahorro para el agricultor frente a la compra de fertilizantes sintéticos.

Este ensayo servirá como prueba inicial, seleccionando un cultivo en el que sea factible la fertirrigación. Para el desarrollo de la parte agronómica del ensayo (cálculo de dosis de N, momentos de aplicación, etc.), se deberá contar con la colaboración de expertos en este campo.

5. Ampliar el estudio a más agricultores de la comunidad de regantes que puedan hacer fertirrigación en sus cultivos.

El siguiente paso a llevar a cabo será ampliar la participación de más agricultores en el ensayo, que cuenten con algún cultivo en el que sea factible la fertirrigación.

Se realizarán analíticas del suelo, se calcularán las dosis de N necesarias, y se determinarán los momentos en los que cada uno de ellos debe realizar las aportaciones de purín.

Finalmente, se realizará la valoración de costes en cada una de las explotaciones participantes.

6. Ampliar el estudio teniendo en cuenta a los que quieren usar la parte sólida del purín.

Una vez puesto en marcha el sistema de aprovechamiento de la fracción líquida del purín mediante fertirrigación, se estudiará la forma de que los agricultores puedan aplicar la fracción sólida.

Se seleccionarán agricultores participantes, se analizarán características de los cultivos y valorarán posibles opciones para gestionar esta fracción sólida de la forma más rentable posible.

7. Ampliar el estudio teniendo en cuenta a los que tienen otros cultivos.

En este punto se valorará la inclusión en el estudio de cultivos que requieran unos medios especiales para poder ser fertirrigados. Por ejemplo, que requieran adquisición de otro tipo de maquinaria, de cubas más pequeñas, etc.

8. Ampliar estudio teniendo en cuenta otras comarcas.

Finalmente, se ampliará el estudio a otras comarcas que pudieran estar interesadas en implementar este sistema de aprovechamiento de los purines.

Una vez definida la hoja de ruta, en esta anualidad se han tenido varias reuniones con el propietario de la granja Expoinor SL, así como con miembros de la ADS de Utiel, y se han realizado las primeras estimaciones de los costes de fertilización con purines.

Además, se tiene previsto realizar una visita a explotaciones de Aragón, junto con ganaderos de Utiel y el CITA de Aragón, para ver experiencias de aplicación de purines, tanto de forma directa como en fertirrigación. La propuesta inicial es visitar el centro gestor de Ejea de los Caballeros; una granja porcina con instalación de fertirriego en pivot de 54 has; y una granja con separación sólido-líquido y fertirriego en goteo de frutales en Almacelles (Lleida). La fecha concreta de este viaje está pendiente de confirmar por parte de los miembros del CITA de Aragón y de la ADS de Utiel.

TAREA 3. DESARROLLO DE UNA PRUEBA PILOTO PARA EL ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE BAJO COSTE DE PURINES PORCINOS

En esta tarea se ha colaborado con miembros de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH) en el marco del Proyecto Agrocompostaje. El objetivo de esta tarea es desarrollar una prueba piloto de instalación de un separador móvil de purines en las zonas de mayor concentración ganadera de la Comunidad Valenciana.

Este tipo de maquinaria permite la separación de los purines de una explotación en dos fases (líquido y sólido), y, debido a su carácter móvil, está diseñada para su uso en diferentes explotaciones ganaderas de modo que ofrezca servicio a los ganaderos de una misma zona. La separación sólido-líquido de los purines se establece con un objetivo principal: extraer la fracción sólida de los purines almacenados en las fosas o balsas de purines, reduciendo el volumen del material almacenado en un 30%, y usando la fracción sólida del purín en un proceso de compostaje autogestionado por la propia instalación ganadera.

Con este sistema, al reducirse el volumen del material almacenado, se reducen las necesidades de espacio para dicho almacenamiento en la granja, por lo que se reducirían los tamaños de la balsa de almacenamiento de purines en la granja. Esto repercute directamente en la inversión que tenga que realizar el ganadero para la construcción o adaptación de sus balsas a los requisitos del R.D. 306/2020 de ordenación porcina. No obstante, al generarse una fracción sólida del purín, la granja tendría que tener previsto también un espacio para su almacenamiento (por ejemplo, una solera impermeable de hormigón con una cubierta).

Además, la fracción líquida resultante tendrá un porcentaje de sólidos muy bajo, por lo que podría ser utilizado en sistemas de fertirrigación para los cultivos próximos de la zona.

Mediante el compostaje de la fracción sólida del purín se consigue un doble beneficio ambiental: por un lado, se contribuye eficazmente a la disminución de emisiones de metano a atmósfera, ya que se trata de un proceso de digestión aerobia. Por otro lado, como producto resultante se obtiene el compost, que es un producto higienizado con excelentes propiedades físico-químicas, ya que además de aportar nutrientes al suelo, actúa como agente estructurante del mismo. Además, este proceso contribuye a la economía circular de la explotación, ya que suele ser conveniente aportar otros subproductos que puedan obtenerse de la explotación, tales como materiales vegetales (paja, restos de poda, etc.) que ajusten la relación carbono/nitrógeno del material a compostar.

La adquisición de un equipo de separación sólido-líquido requiere grandes inversiones por parte de los ganaderos, por lo que el carácter móvil de este equipo permite la reducción de estas inversiones. De este modo, puesto que el equipo ofrece servicio a varias instalaciones, el gasto puede distribuirse entre las distintas entidades participantes.

Descripción del ensayo

Para realizar el ensayo, la empresa Mecàniques Segalés SL, especialista en el tratamiento de purines, facilitó un separador móvil de purines para esta prueba piloto. En la siguiente figura se muestra una imagen del equipo de separación móvil.



Figura 3. Equipo móvil de separación sólido-líquido de purines

Este equipo se conecta a la balsa de recepción de purines, o en su defecto, directamente a la fosa del interior del alojamiento. Para que la separación sea lo más eficiente posible, el purín debe estar homogeneizado. Para ello, en este estudio, el purín se mezcló en el interior de una cisterna conectada a un tractor, tal y como se muestra en la imagen siguiente.



Figura 4. Detalle de la conexión de la cisterna de purines al equipo de separación sólido-líquido

A continuación, el purín pasa por el equipo de separación sólido-líquido, con el que se obtienen una fase líquida y otra sólida, con diferentes composiciones de nutrientes. La fase líquida se recircula de nuevo a la fosa. La fase sólida es la que se ha utilizado para realizar las pruebas de compostaje. Para ello, se ha depositado en una superficie lisa, dentro de la propia explotación, formando un motón, tal y como se muestra en la Figura 5. En otras ocasiones, el montón se ha formado fuera de la explotación, por lo que se ha recogido en un remolque y trasladado al lugar definitivo (Figura 6).



Figura 5. Obtención de la fase sólida del purín y acumulación en el terreno



Figura 6. Obtención de la fase sólida del purín y acumulación en remolque

El montón obtenido se mezcla con materiales vegetales de la propia explotación, tales como restos de poda, paja, etc. Una vez a la semana, la mezcla es removida y humedecida, de modo que se airea el interior y el proceso de fermentación aerobia no se detiene. Transcurridos treinta días, la masa queda estabilizada y lista para su aplicación a campo.



Figura 7. Pila formada con la fracción sólida del purín y materiales vegetales de la explotación (en este caso, rizoma de chufa)

Para la realización del ensayo, el equipo estuvo en funcionamiento durante todo el mes de abril en distintas granjas de la comarca de Los Serranos, la Vall d'Albaida y Alcaatén. Concretamente, se instaló en una granja de Llutxent (Valencia), en una de Pinet (Valencia), en una granja de Tuéjar (Valencia), en una granja de Alpuente (Valencia), en una granja de Titaguas (Valencia), en una granja de Alcalá de Xivert (Castellón), y en unos terrenos propios del Ayuntamiento de Atzeneta del Maestrat (Castellón).

En algunos casos, las demostraciones fueron públicas de modo que los ganaderos o cualquier persona interesada pudiera acudir y conocer de primera mano el funcionamiento del equipo (Figura 8). En estas demostraciones, la UPV ofreció jornadas de formación relacionadas con la nueva normativa de ordenación de porcino (RD 306/2020) y las exigencias ambientales que deben cumplir los ganaderos (Figura 9).

Además, en alguna de las jornadas realizadas había representantes de la empresa suministradora del equipo, por lo que las preguntas técnicas de los ganaderos pudieron ser atendidas directamente por ellos.



Figura 8. Jornadas de formación. Parte práctica: demostración del funcionamiento del separador móvil de purines



Figura 9. Jornadas de formación. Parte teórica: normativa de ordenación de porcino y exigencias ambientales

En cada una de las granjas en las que se realizó la separación sólido-líquido de los purines, se inició un piloto de compostaje mediante la mezcla de la fracción sólida de los purines y un material estructurante procedente de la propia explotación. Con el fin de valorizar y caracterizar las materias primas empleadas, controlar la evolución del proceso y caracterizar agrónomicamente el compost generado, los miembros de la UMH tomaron muestras de las materias primas empleadas en la elaboración de las pilas de compost de cada caso, y tomaron muestras tanto al inicio como al final del proceso en cada uno de los pilotos.

Cronograma del ensayo

El cronograma llevado a cabo para la realización de este ensayo se muestra a continuación:

Tabla 2. Cronograma del ensayo

| Acción | Lugar | Año 2022 | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|---|
| | | Feb | Mar | Ab | May | Jun | Jul | Ago | Sept | Oct | |
| Jornadas de difusión | Alpuente | ■ | | | | | | | | | |
| Reuniones con ganaderos | Alpuente | ■ | | | | | | | | | |
| Reuniones con ganaderos | Tuéjar/Titaguas | | ■ | | | | | | | | |
| Reuniones con ganaderos | Llutxent | | ■ | | | | | | | | |
| Jornadas de difusión | Llutxent | | ■ | | | | | | | | |
| Separación de purines | Pinet | | | ■ | | | | | | | |
| Formación de nuevos pilotos de compostaje | Pinet | | | ■ | | | | | | | |
| Recogida de muestras | Pinet | | | ■ | | | | | | | |
| Separación de purines | Llutxent | | | ■ | | | | | | | |
| Formación de nuevos pilotos de compostaje | Llutxent | | | ■ | | | | | | | |
| Recogida de muestras | Llutxent | | | ■ | | | | | | | |
| Separación de purines | Tuéjar | | | ■ | | | | | | | |
| Separación de purines | Alpuente | | | ■ | | | | | | | |
| Separación de purines | Alpuente | | | ■ | | | | | | | |
| Jornadas de difusión | Alpuente | | | ■ | | | | | | | |
| Separación de purines | Alcalá de Xivert | | | ■ | | | | | | | |
| Jornadas de difusión | Atzeneta del Maestrat | | | | ■ | | | | | | |
| Separación de purines | Atzeneta del Maestrat | | | | ■ | | | | | | |
| Formación de nuevos pilotos de compostaje | Alpuente/Tuéjar | | | | ■ | | | | | | |
| Recogida de muestras | Alpuente/Tuéjar | | | | ■ | | | | | | |
| Recogida de muestras | Alpuente/Tuéjar | | | | | | | | ■ | | |
| Recogida de muestras | Pinet/Llutxent | | | | | | | | | | ■ |

Pruebas piloto de compostaje

Las pruebas piloto de compostaje se llevaron a cabo en granjas de Pinet, Llutxent, Tuéjar y Alpuente. Las pilas de compost se realizaron in situ, dentro de las propias instalaciones de los ganaderos, utilizando la fracción sólida obtenida tras la separación sólido-líquido de su purín y la adición de un material estructurante en relación volumétrica 1:1.

Los agentes estructurantes que se utilizaron se eligieron en función de la disponibilidad que tenía el ganadero en sus instalaciones, con el objetivo de que el ganadero pudiera aprovechar los subproductos generados en su propia instalación debido a otras actividades. En este sentido, se utilizaron como materiales estructurantes los siguientes:

- Raíz de chufa: Restos de rizoma de chufa procedentes de los destríos de la industria Fartons Polo.
- Virutas de madera: Virutas de madera obtenidas de los restos de una fábrica de molduras de la propia localidad
- Paja: Paja de cebada y trigo de cultivos de la propia granja del ganadero
- Material de cama: Virutas de madera utilizado como cama, obtenidas de una granja de pollos propiedad del ganadero, situada en el mismo municipio. No presenta apenas restos de gallinaza.

Como se ha comentado anteriormente, el equipo de la UMH realizó un muestreo tanto de los purines como de las materias primas estructurantes. En general, en los resultados se observa la elevada salinidad que presentan todos los purines muestreados, así como su elevada riqueza en macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) y en metales pesados. El elevado contenido en N de los purines hace necesario mezclarlo con otros subproductos ricos en C para conseguir alcanzar una relación C/N equilibrada.

En cuanto a los resultados obtenidos, en la siguiente tabla se recogen los volúmenes de purín sólido obtenido en cada una de las granjas, así como las horas de trabajo neto de la máquina y los caudales de funcionamiento.

Tabla 3. Volumen de purín, horas de funcionamiento y caudal obtenido con el separador de purines en cada una de las granjas

| Granja | Volumen sólido (m³) | Horas netas de funcionamiento del equipo | Caudal mínimo (m³/h) | Caudal máximo (m³/h) |
|---------------|---------------------------------------|---|--|--|
| 1 | 3 | 14 | 4 | 8 |
| 2 | 9 | 20 | - | - |
| 3 | 11 | 16 | 4 | 4 |
| 4 | 2 | 9 | 0 | 4 |
| 5 | 5 | 16 | 0 | 5 |
| TOTAL | 30 | 75 | - | - |

Estos datos ponen de manifiesto las diferencias que existen en el rendimiento de la extracción de la fracción sólida en función del tipo de purín. Según los datos que proporciona la empresa Mecàniques Segalés, SL, el caudal de purines que circula a través del separador no debe ser superior a 4 m³/h, mientras que valores de 0 m³/h implican una parada en el proceso de circulación del purín. Ambos casos están relacionados con el porcentaje de sólidos en suspensión. Cuando el caudal es superior a 4 m³/h, el porcentaje de sólidos en suspensión es demasiado bajo y, por tanto, el rendimiento de la máquina disminuye. Por el contrario, cuando el porcentaje de sólidos es demasiado alto, la máquina termina causando en momentos puntuales paradas en el flujo de absorción, debido a la acumulación de los sólidos. Esto se produce normalmente cuando no se ha realizado una correcta homogeneización del purín.

En este sentido se observa en la Tabla anterior que la granja 4 es donde menores rendimientos de extracción se obtuvieron, en contraposición a la granja 3, donde el rendimiento estuvo totalmente optimizado. Estas diferencias se basan principalmente en dos factores: al estado de degradación de los purines y al grado de sedimentación de los purines en la fosa y a su falta de homogeneidad en el momento de la separación.

Los resultados del trabajo indican que cuanto mayores ambos factores, más difícil resulta para el separador de purines tener un mayor rendimiento y optimizar el proceso, quedándose una parte importante de los sólidos del purín sin separar ni extraer.

Teniendo en cuenta el conjunto de las 5 granjas, la máquina estuvo funcionando un total de 75 horas, obteniéndose un volumen de sólidos separados de 30 m³. El rendimiento obtenido, según los datos extraídos del control del separador de purines por parte de la empresa Mecàniques Segalés SL, ha sido del 34%.

Análisis de la viabilidad económica

En este apartado se ha evaluado la viabilidad económica de la aplicación de este sistema dentro de las granjas de porcino de cebo de la Comunidad Valenciana. Para evaluar la viabilidad económica del sistema, se ha calculado el Valor Actual Neto (VAN) del sistema, el Valor Anual Equivalente (VAE) y la tasa interna de retorno (TIR).

El VAN es medida del retorno monetario anualizado de una inversión. Esta es una medida comúnmente utilizada para comparar el rendimiento de distintas alternativas de inversión, donde lo más habitual es que los VAN más altos sean los más aconsejables. Para su estimación, se ha seguido un enfoque de flujo de caja descontado, considerando toda la vida útil del equipo. Asimismo, para conocer el VAN se necesita conocer todos los costos/ingresos necesarios asociados con el sistema (es decir, costes de energía, mano de obra, etc. e ingresos del nitrógeno como fertilizante). Con toda esta información, se aplica la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{I_t - GEXP_t - RenC_t}{(1+TD)^t} - CII$$

Donde:

T = número total de años de vida (20 años)

t = cada año

I = ingresos

GEXP = gastos de explotación

RenC = costes de renovación periódica para equipos tecnológicos cuya vida económica fue menor a 20 años

CII = capital inicial invertido

TD = tasa de descuento

Por su parte, el VAE es una medida de los retornos monetarios anualizados de una inversión, se emplea para comparar distintas opciones de inversión, donde los valores altos son los más recomendables. Para calcular el VAE se utiliza la siguiente ecuación:

$$VAE = \frac{TD(VAN)}{1 - \left(\frac{1}{1+TD}\right)^T}$$

Donde:

T = número total de años de vida (20 años)

TD = tasa de descuento

VAN = valor actual neto

Por último, la TIR indica el porcentaje de beneficio o de pérdidas que tendría una inversión para un flujo de caja neto, por tanto, indica la viabilidad de una inversión.

Para hacer el análisis económico se ha partido de serie de variables económicas, a las que se le ha asignado un valor obtenido de bibliografía y, en su defecto, de la información proporcionada por expertos del sector. Estos datos se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4. Variables económicas utilizadas en el estudio

| Variable | Valor | Unidades | Fuente |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
|-----------------|--------------|-----------------|---------------|

| | | | |
|--|--------|-------------------|-----------------------------------|
| Animales | 2.000 | plazas | |
| Purín | 3.300 | m3/año | |
| Tiempo volteo | 2 | min/t | Teresa et al. (2015) ¹ |
| Nº volteos | 4 | nº | Teresa et al. (2015) ¹ |
| Energía tractor | 3,97 | kWh/min | Teresa et al. (2015) ¹ |
| Energía necesaria por tonelada de compost | 23,8 | kWh/t | Teresa et al. (2015) ¹ |
| Combustible volteo | 2,18 | L/t | Teresa et al. (2015) ¹ |
| Proporción agente estructurante | 33 | % | Teresa et al. (2015) ¹ |
| Mano de obra | 150 | h | Teresa et al. (2015) ¹ |
| Combustible | 10,96 | L/kWh | Expertos |
| Rendimiento separador | 15 | m3/h | Segalés SL |
| Rendimiento separador | 20 | % fracción sólida | Segalés SL |
| Consumo energía separador | 2,45 | kWh | Segalés SL |
| Consumo energía cisterna | 10 | kWh | Expertos |
| Cisterna capacidad 8.000 L | 25.000 | € | Expertos |
| Gasoil B | 1,5 | €/L | Expertos |
| Electricidad | 0,27 | €/kWh | Expertos |
| Mano de obra | 14 | €/h | Expertos |
| Instalación separador | 21.213 | € | Segalés SL |
| Mantenimiento separador | 258,57 | €/año | Segalés SL |
| Compost (precio de venta real) | 15 | €/t | Expertos |
| Compost (precio en función del valor fertilizante) | 40 | €/t | Estimado ² |

¹Teresa, M., Herrero, E., Besós, B. (2015) Evaluación de sistemas de gestión de estiércol en Europa. Resultados del proyecto Life-Manev. Ed. Sarga, España.

²Estimado a partir de las tablas de precios para los fertilizantes orgánicos de la Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes de la Generalitat de Catalunya

En cuanto al precio de venta del compost, se han analizado dos escenarios teniendo en cuenta que se trata de un análisis provisional ya que el ensayo todavía no está terminado y no se ha categorizado todavía la calidad del compost resultante. Así pues, en el escenario A se ha considerado un precio de venta del compost de 15 €/t. Se considera que este precio podría ser

un precio real de lo que realmente está percibiendo en la actualidad el ganadero por la venta de este producto. En escenario B se ha considerado un precio de 40 €/t, teniendo en cuenta el precio actual del contenido del valor fertilizante del compost. Este valor se ha obtenido de las tablas de precios de fertilizantes orgánicos que ha elaborado recientemente la Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes de la Generalitat de Catalunya, y se considera que es el precio que realmente deberían pagar actualmente los agricultores por este fertilizante.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Escenario A:

Bajo los supuestos de este escenario, se obtiene que la inversión inicial que tiene que hacer el ganadero es de 46.213 €. Los costes anuales para el ganadero son de 14.475 €, mientras que los ingresos anuales derivados de la venta del compost son de 14.532 €.

En este escenario, la viabilidad económica de la implantación de esta técnica es negativa, ya que se obtienen valores negativos para el VAN, el VAE y el TIR, tanto para el periodo de cálculo de 10 años como para el de 20 años. Es decir, vendiendo el compost producido a un precio de 15 €/t, el ganadero no puede obtener ningún tipo de rentabilidad.

Cabe destacar que en este estudio no se ha podido monetizar los beneficios ambientales que tiene la técnica del compostaje, por lo que no ha podido contabilizarse en el estudio económico. La valorización de estos subproductos genera importantes externalidades, además de un importante beneficio ambiental y social, que los métodos de análisis económico utilizados no son capaces de reflejar.

Escenario B:

En este escenario, la inversión inicial es la misma que en el anterior escenario, es decir, 46.213 €, y los costes anuales para el ganadero son de 14.475 €. Sin embargo, considerando que el ganadero vende el compost al precio equivalente al que tienen los fertilizantes inorgánicos, los ingresos para el ganadero ascienden a 38.753 €/año.

En este escenario sí que se obtiene rentabilidad. El VAN a 10 años es de 175.562 €, y a 20 años es de 363.302 €. En cuanto al VAE, se obtiene un valor de 19.219 € en 10 años, y de 10.408 € en 20 años. Por su parte, la TIR es de alrededor del 50%, tanto para 10 años como para 20 años.

En ambos escenarios, el coste unitario del tratamiento es de 5,79 €/m³ de purín tratado.

En conclusión, para que el sistema resulte rentable desde el punto de vista económico, el compost debería venderse a un precio superior a 15 €/t. En concreto, y según los resultados del análisis realizado, es a partir de un precio de venta de 21 €/t de compost cuando las variables económicas empiezan a salir positivas. Aun así, se trata de un valor de venta relativamente bajo, teniendo en cuenta el precio de los fertilizantes minerales en el mercado actual. Como ya se ha comentado anteriormente, la Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes de la Generalitat de Catalunya estima un valor de 40 €/t para la fracción sólida del purín. Según este dato, el valor del compost debería ser superior al poseer mejores características agronómicas que la fracción sólida del purín.

Así pues, para mejorar la viabilidad económica de esta técnica se plantean varias opciones: vender el compost resultante a un precio realista y acorde a las unidades fertilizantes que

contiene; reducir los costes de inversión y operativos; y compensar, mediante políticas públicas, los beneficios ambientales de la aplicación de esta técnica. Cabe recordar que mediante el compostaje, no solo se contribuye eficazmente a la reducción de emisiones y se facilita la gestión del purín, sino que permite la obtención de un producto de elevado valor añadido (compost) al que se pueden incorporar otros subproductos de la explotación, como paja o restos vegetales, contribuyendo así a la economía circular de la producción agrícola y ganadera.

TAREA 4. ORGANIZACIÓN DE UNA JORNADA SOBRE GANADERÍA Y SOSTENIBILIDAD

Al inicio del convenio, la Generalitat Valenciana tenía la intención de organizar una jornada sobre ganadería y sostenibilidad, para lo que solicitó la asistencia de la UPV para la organización de la misma.

Hasta el momento no se han recibido más indicaciones desde la GVA sobre la preparación de dicha jornada. No obstante, se contempla como una de las tareas a llevar a cabo en el marco de este convenio, por lo que en el momento que la GVA así lo decida, se establecerá una fecha y la UPV se encargará de la convocatoria y organización de la misma.

TAREA 5. APOYO TÉCNICO EN EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA Y ASESORAMIENTO EN EL USO DE LA APLICACIÓN ECOGAN

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación ha desarrollado una aplicación, denominada Ecogan, para que los ganaderos puedan registrar a través de ella las Mejores Técnicas Disponibles que tienen en sus granjas, así como para contabilizar las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero de las granjas.

Esta aplicación, será de uso obligado para la mayoría de los ganaderos de la Comunidad Valenciana. Por ello, dentro de esta tarea, la UPV ha ido promoviendo su uso en las distintas jornadas de formación que se han llevado a cabo, así como compartiendo las ideas principales de su funcionamiento.

El equipo de trabajo ha asistido a jornadas de formación como por ejemplo la jornada informativa sobre Ecogan que tuvo lugar el 26 de octubre de 2022 en Madrid, en la que se pudo intercambiar opiniones con entidades implicadas en su ejecución (personal del Ministerio de Agricultura, responsables de otras Comunidades Autónomas, asociaciones de ganaderos, etc.).

TAREA 6. ASESORAMIENTO A DEMANDA

A lo largo de este año, el equipo UPV ha asesorado al sector y a la Administración en cuantas cuestiones han sido necesarias.

Entre ellas destacan las siguientes:

- Propuesta para la exención de la obligación, por criterios ambientales, de construir balsa exterior para el almacenamiento de purines en granjas de menos de 120 UGM en la Comunitat Valenciana. Este informe se recoge íntegramente en el Anejo 2 del presente documento.
- Propuesta para la actualización de los valores de producción de purín del R.D. 306/2020 adaptados a las condiciones de la Comunitat Valenciana. Este informe está recogido en el Anejo 3 del presente documento.
- Actualización del valor de nitrógeno excretado en los purines de ganado porcino de la Comunidad Valenciana. En este caso, se han realizado informes para varias integradoras de ganado porcino de la Comunidad Valenciana. Sin embargo, con el objetivo de mantener la confidencialidad de los datos proporcionados, se incluye en esta memoria únicamente el informe general, realizado con los datos globales de todas las integradoras participantes. Así pues, este informe se recoge en el Anejo 4 del presente documento.
- Cálculo de las emisiones de amoníaco en el almacenamiento utilizando distintas combinaciones de técnicas con Ecogan. Este informe se recoge en el Anejo 5 del presente documento.
- Elaboración de mapas de densidad ganadera en la Comunitat Valenciana, para el ganado porcino y vacuno de carne. Estos mapas se recogen en el Anejo 6 del presente documento.
- Jornada de formación a veterinarios de la Generalitat Valenciana sobre sistemas para la cubrición de balsas de purines, cumpliendo los requisitos ambientales del R.D. 306/2020 de ordenación de porcino.
- Participación en distintas reuniones con la Asociación de productores de ganado porcino (PROGAPORC) y la Administración para analizar la situación ambiental de las granjas de ganado porcino de la Comunitat Valenciana.

Además, se han realizado distintas acciones de difusión donde se han presentado los trabajos del convenio, entre las que destacan:

- Participación y presentación de resultados en el International Nitrogen Workshop, organizado en Madrid entre los días 24 y 28 de octubre de 2022.
- Artículo de divulgación para el primer número de la revista L'Agrària (julio 2022): "La gestió de purins: com adaptar la meua granja a la nova legislació?"
- Entrevista Camp Valencià, enero de 2022
- Presentación del proyecto en Workshop Red REMEDIA. Córdoba, 21 de abril.

- Participación como invitado en jornada proyecto LIFE ClinMed Farm (CITA-Aragón), 4 de mayo de 2022.
- Presentación al sector avícola en jornada FEDACOVA, 16 de mayo de 2022.
- Participación como invitado en jornada ProFem – Proyecto LIFE Agriclose (Lleida), 18 de mayo de 2022.

Por último, y relacionado con las tareas de este convenio, cabe destacar la consecución de una beca de la cátedra de cambio climático (Alejandro Gabarda) para analizar la viabilidad técnico-económica de la separación sólido líquido de los purines y posterior compostaje, así como de la digestión anaerobia en la Comunitat Valenciana.

ANEJOS

ANEJO 2.

**PROPUESTA PARA LA EXENCIÓN DE LA OBLIGACIÓN,
POR CRITERIOS AMBIENTALES, DE CONSTRUIR Balsa
EXTERIOR PARA EL ALMACENAMIENTO DE PURINES EN
GRANJAS DE MENOS DE 120 UGM EN LA COMUNITAT
VALENCIANA**

1. Antecedentes y objetivo

El R.D. 306/2020 sobre ordenación de las explotaciones porcinas, obliga a que todas las explotaciones de ganado porcino, independiente de su tamaño, dispongan de balsas para el almacenamiento de los purines, cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de purines de al menos 3 meses. Además, estas balsas deberán evitar el riesgo de filtración y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas por rebosamiento, filtración o por inestabilidad geotécnica.

Por otro lado, en el artículo 10 del R.D. 306/2020, se establecen unas exigencias en materia de reducción de emisiones, que deberán cumplir tanto las granjas de nueva instalación, como las granjas de más de 120 UGM, lo que equivale, según las equivalencias publicadas en el Anexo I, a 1.000 plazas de cerdos de cebo de 20 a 120 kg.

Estas exigencias ambientales obligan a las granjas de más de 120 UGM a realizar un vaciado de las fosas de estiércoles de los alojamientos al menos una vez al mes. Además, deberá adoptar al menos una de las siguientes técnicas en su explotación:

- a) Vaciado de las fosas de estiércoles de los alojamientos al menos dos veces por semana, con el objeto de reducir al menos un 30% de las emisiones de gases contaminantes respecto a la técnica de referencia.
- b) Cubrir las balsas de estiércoles, si no se forma costra natural, con técnicas que reduzcan las emisiones de gases contaminantes al menos en un 40% con respecto a la referencia de balsa sin costra.

De este modo, las granjas ya existentes que tienen una capacidad máxima inferior a 120 UGM, están exentas de cumplir con estas exigencias ambientales, es decir, no están obligadas a vaciar las fosas de estiércoles de los alojamientos con la frecuencia establecida en el R.D. 306/2020 y por tanto no requerirían de una balsa exterior para cumplir con estos requisitos.

Tradicionalmente, en las granjas de ganado porcino se ha utilizado el término “fosa” para hacer referencia a los depósitos de recogida de purines situados debajo de los animales en el interior de los alojamientos, y el término “balsa” para los depósitos de almacenamiento exteriores. A pesar de ser una distinción completamente lógica, esta definición no aparece recogida en ningún apartado del R.D. 306/2020, por lo que su definición exacta queda a disposición de la interpretación que haga el lector de la misma.

En la Comunitat Valenciana abundan las explotaciones de ganado porcino de tamaño pequeño y mediano y de bastante antigüedad, que almacenan el purín en fosas en el interior de los alojamientos con una capacidad suficiente para almacenar el purín producido durante, al menos, 3 meses. De este modo, muchas de estas granjas no cuentan con balsa exterior, ya que, al tener capacidad de almacenamiento suficiente en el interior, aplican el purín a campo extrayéndolo directamente desde las fosas.

Además, la mayoría de estas granjas, al ser de tamaño muy reducido, tienen importantes limitaciones constructivas para instalar una balsa en el exterior, ya que, la mayoría de ellas no tienen espacio para hacerlos. Asimismo, hay zonas de elevada concentración ganadera, en las que las granjas están muy próximas unas de otras, y, a pesar de que el R.D. 306/2020 permite que las balsas se sitúen fuera del vallado perimetral de la granja, en estas zonas tampoco es posible dada la proximidad de unas granjas con otras.

Según los censos del REGA, consultados a fecha de mayo de 2020, en la Comunitat Valenciana existen 956 explotaciones de ganado porcino, de las cuales 445 tienen censos de menos de 120 UGM. Estas explotaciones de menos de 120 UGM son el 47% del total de los productores, pero suponen solo un total del 21% del censo del ganado porcino de la Comunitat Valenciana.

Estas granjas no están obligadas a cumplir con los requisitos ambientales del R.D. 306/2020, y por lo tanto están exentas de la obligación de retirar frecuentemente del purín del interior de los alojamientos, por lo que se puede cuestionar la necesidad de que estén obligadas a construir una balsa exterior por motivos ambientales, en caso de que no dispongan de ella.

En este sentido, el objetivo del presente informe es comparar en términos de emisiones ambos modelos de producción: una granja con fosa profunda interior y sin balsa, por una parte, y una granja con fosa y con balsa exterior. Asimismo, se pretende proponer una serie de alternativas en relación a la gestión sostenible de los purines, con el objetivo de que las granjas de menos de 120 UGM que no disponen de balsa puedan alcanzar unos objetivos de reducción de emisiones equivalentes y ser, de este modo, ambientalmente equivalentes e incluso, superiores.

2. Aspectos ambientales relativos a las fosas y las balsas de almacenamiento de purines

Desde el punto de vista ambiental, y teniendo en cuenta los mecanismos de emisión de los principales gases (amoníaco y metano) a la atmósfera, las emisiones procedentes del almacenamiento exclusivamente en la fosa interior podrían diferir de las procedentes de la balsa de almacenamiento exterior. Estos mecanismos por los cuales se producen las emisiones han sido ampliamente descritos en la bibliografía, por ejemplo, por Sommer et al. (2006) para amoníaco y por Dalby et al. (2021) para metano.

El proceso que conduce a las **emisiones de amoníaco** de los purines a la atmósfera se muestra en la Figura 1. Una vez excretada la urea, se descompone rápidamente en amonio por acción de la enzima ureasa y está en disposición de emitirse a la atmósfera. Esta emisión será mayor conforme se incrementen la temperatura, la velocidad del aire, la superficie de contacto del purín con el aire, el tiempo de exposición del purín o el pH. Por el contrario, la emisión se reduce si existen barreras físicas que impidan la transferencia del amoníaco al aire.

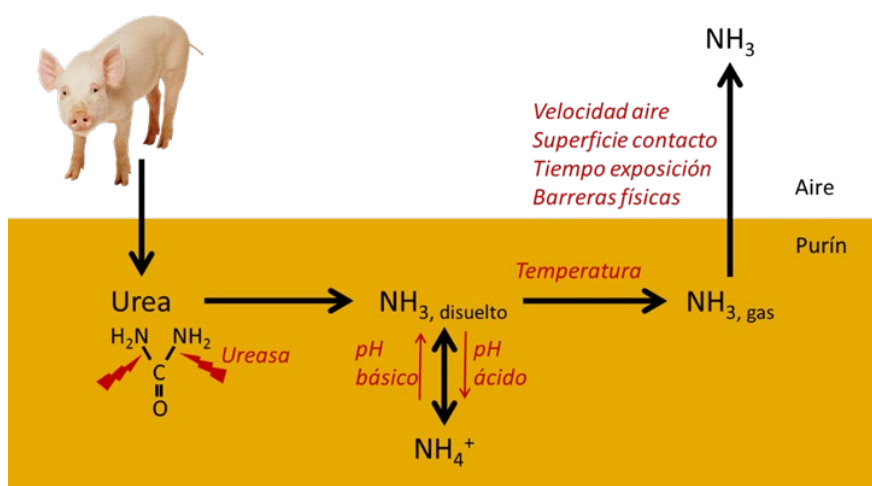


Figura 1. Proceso de emisión del amoníaco (Fuente: Calvet et al., 2020)

Por su parte, la **emisión de metano** se produce cuando existe materia orgánica en condiciones anaeróbicas, es decir, sin oxígeno. Estas condiciones se dan tanto en las fosas de los alojamientos como en las balsas exteriores, si no hay agitación del purín. La emisión de metano se acelera conforme mayores son la cantidad de materia orgánica, la temperatura, el tiempo de almacenamiento y la existencia de un inóculo que active las poblaciones microbiológicas implicadas en este proceso (Figura 2). Al contrario que en el caso del amoníaco, el metano se produce principalmente por burbujeo y por tanto la superficie de contacto con el aire no es un parámetro relevante.

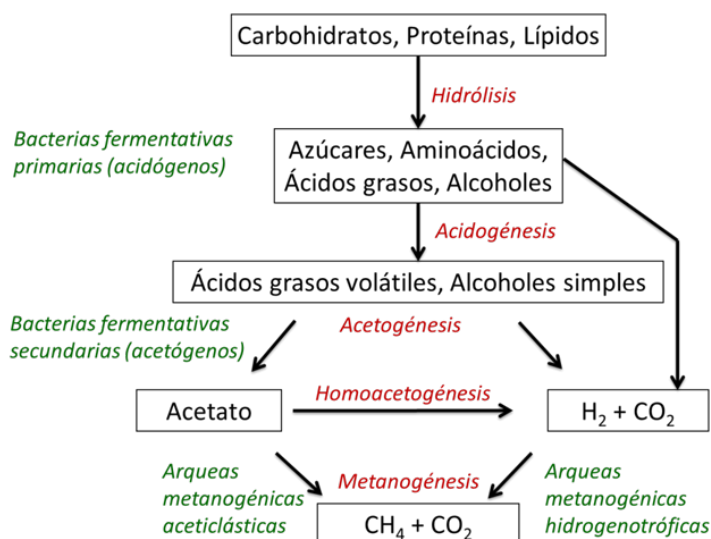


Figura 2. Reacciones implicadas en la formación de metano (Fuente: Calvet et al., 2020)

En este sentido, es lógico que el R.D. 306/2020 promueva una serie de acciones concatenadas que incluyen la retirada frecuente del purín de las fosas y un almacenamiento en balsa con técnicas que reduzcan la emisión. Esta estrategia permite mejorar la calidad del aire interior de las granjas, favorece la gestión sanitaria de la granja y permite reducir las emisiones.

Sin embargo, en términos de contaminación atmosférica no es evidente anticipar el efecto sobre la emisión de una granja con una fosa profunda interior y sin balsa exterior, en comparación con una granja que sí que tiene balsa exterior. Hasta donde el equipo redactor de este informe conoce, no existen estudios específicos que hayan medido dicha diferencia, y por tanto es necesario valorar cómo afectan las circunstancias diferenciales a los procesos de emisión.

A continuación, se identifica cómo afectan de forma diferencial los factores implicados en una granja con fosa profunda interior, pero sin balsa, en comparación con otra granja de referencia en cumplimiento del R.D. 306/2020. Considerando una granja de menos de 120 UGM, que no está obligada a aplicar técnicas de reducción de emisiones, dicha granja tendrá enrejillado total, almacenamiento de purines durante todo el ciclo productivo y retirada posterior a balsa exterior sin ningún tipo de cubierta.

- **Superficie de contacto:** Es menor en la granja con fosa profunda sin balsa, por lo que este factor reducirá la emisión de amoníaco.
- **Velocidad de aire:** La circulación de aire bajo las rejillas es reducida en comparación con la balsa exterior, por lo que sería esperable una menor emisión de amoníaco en una fosa interior en comparación con la balsa exterior.
- **pH:** Este parámetro no debería afectar de forma relevante, pues no se identifican mecanismos que cambien el pH en balsas respecto a las fosas.
- **Temperatura.** Normalmente se asume que las balsas tienen menor temperatura al estar situadas en el exterior. Esto se debe a que los alojamientos se encuentran climatizados y la temperatura de consigna suele ser superior a la temperatura ambiental media. Sin embargo, en las condiciones propias de la Comunitat Valenciana la diferencia de temperatura no es esperable que sea evidente. Es cierto que en invierno la balsa exterior puede estar a menor temperatura, pero también es cierto que está expuesta a la radiación solar durante muchos días al año, y a temperaturas exteriores elevadas. Por

otra parte, las fosas profundas están construidas en la parte inferior (más fría) de la granja, y excavadas en el suelo.

- Presencia de **barreras físicas**: En las balsas exteriores puede producirse costra que no se produce en el interior de la granja debido al aporte continuo de excreciones por parte de los animales. En caso de producirse, la costra reduce la emisión de amoníaco al actuar de barrera física (VanderZaag et al., 2008), y además podría reducir la emisión de metano al actuar como sustrato de bacterias metanotróficas (Petersen et al., 2005). Esta costra, sin embargo, no se produce en todas las instalaciones.
- Contacto con el **inóculo**: Acumulando el purín bajo las fosas el aporte de nuevos nutrientes y de inóculo es permanente. En las balsas ese inóculo también está disponible a no ser que se vacíe la balsa completamente con cierta periodicidad.
- **Aireación**: Afecta principalmente reduciendo la emisión de metano. En caso de producirse aireación del purín durante su extracción de la fosa se puede retardar la emisión posterior en balsa, si bien las condiciones anaerobias favorecerán igualmente la emisión posterior de metano. Por tanto, este efecto se espera que sea reducido.

En el caso de la emisión del amoníaco, el no disponer de balsa externa reduce la superficie de contacto y la velocidad de aire sobre la superficie emisora, si bien podría incrementar la emisión de este gas si la temperatura de la fosa es mayor y acelerar los procesos de degradación de la urea. En cualquier caso, el impacto esperable de una mayor acumulación de purín en el interior de la nave, en caso de no tener balsa externa, debería considerarse muy reducido de acuerdo con Chowdhury et al. (2014). En efecto, al no incrementarse la superficie emisora, estos autores indican que acumular mayores cantidades de purín bajo la fosa tendría un impacto bajo o nulo en la emisión de amoníaco.

En el caso del metano, es importante determinar si la variación de temperatura entre el interior de la fosa y exterior (balsa) es suficiente como para acelerar de forma relevante la producción de metano. En la actualidad no se dispone de dicha información, aunque puede ser objeto de seguimiento (medición) por parte de las Administraciones, de forma que se pueda verificar si realmente se espera que exista un cambio relevante en la emisión.

Es importante resaltar que la presente valoración se puede realizar únicamente en términos cualitativos, puesto que no existen mediciones específicas que comparen ambos sistemas de producción, en las condiciones de las granjas de la Comunitat Valenciana. Igualmente, es fundamental contrastar los posibles cambios de pH, concentración de amonio y temperatura existentes entre las fosas profundas y las balsas exteriores, en nuestro contexto productivo.

Por otro lado, es importante recordar que el amoníaco es un gas irritante y que puede provocar problemas respiratorios, por lo que las emisiones de amoníaco producidas por las fosas en el interior de la granja, al difundirse en primer lugar por el espacio interior de las naves, podrían llegar a causar daños sobre la salud de los trabajadores y los animales si no se aplican determinadas medidas. En este sentido, para minimizar el riesgo de exposición a elevados niveles de amoníaco, se pueden aplicar técnicas sencillas como el incremento de la ventilación, o extracción de la ventilación desde la fosa. Todo ello puede monitorizarse con sensores de amoníaco, pues existe tecnología para ello que es cada vez más accesible para los productores.

En las granjas que cuentan con una balsa exterior, la opción ideal tanto por motivos ambientales como sanitarios es el vaciado frecuente de las fosas de los alojamientos, y posterior almacenamiento en balsa con algún tipo de cobertura. Esta opción, por tanto, sería lógico exigirla a todas las granjas con carácter general, independientemente del tamaño de la misma.

Muchos pequeños productores (de granjas de menos de 120 UGM) propietarios de granjas antiguas en la Comunitat Valenciana no tienen balsa, y mucho de ellos no tienen opción legalmente viable para hacerla por motivos urbanísticos. Sin embargo, sí que cumplen con la capacidad de almacenamiento en el interior de la granja y pueden acreditar un nivel de emisiones comparable a las granjas sin balsa, o incluso menor si implementan algún tipo de mejor técnica disponible como ya están haciendo (p.ej. alimentación por fases y reducida en proteína) u otras implementables fácilmente (p.ej. algún aditivo de reducción de emisiones o bolas en el interior de las fosas).

En efecto, existen técnicas alternativas para reducir las emisiones de manera efectiva, y el R.D. 306/2020 permite la utilización de “cualquier otra técnica, descrita como Mejor Técnica Disponible, que garantice una reducción de emisiones de gases contaminantes equivalente a la alcanzada mediante las técnicas descritas” en dicho R.D., por lo que en el siguiente apartado se analizan cuantitativamente distintas posibilidades para alcanzar los mismos requisitos ambientales.

3. Cuantificación numérica de las emisiones producidas en granjas con balsa y sin balsa exterior

Este apartado pretende valorar cuantitativamente las emisiones asociadas a tres escenarios de granjas, utilizando la aplicación Ecogan del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. A pesar de que todavía se encuentra en fase de pruebas, se considera que es la herramienta mediante la cual los ganaderos reportarán el uso de Mejores Técnicas Disponibles, y por tanto el mecanismo por el cual se verificarán las reducciones en los niveles de emisión.

Los escenarios propuestos son:

- **Escenario 1:** Caso de granja existente sin balsa exterior: Granja de 1.000 plazas de cerdos de cebo de 20 a 120 kg, con emparrillado total y foso profundo en el interior de los alojamientos, que mantiene el purín en el interior del alojamiento más de 1 mes y que no lo almacena en el exterior, puesto que directamente lo extrae de la fosa para aplicarlo a campo mediante un sistema de bandas y tubos colgantes, y se entierra mediante vertedera en menos de 24 horas.
- **Escenario 2:** Equivalente al Escenario 1, pero con balsa ya construida. Es el escenario de referencia, es decir, proporciona el nivel máximo de emisión de una granja existente que cumple con el R.D. 306/2020. Se trata de una granja de 1.000 plazas de cerdos de cebo de 20 a 120 kg, con emparrillado total y foso profundo en el interior de los alojamientos, que vacía las fosas 1 vez al mes, y lo almacena en balsa exterior, sin cubrir, durante más de 1 mes. A continuación, el purín se extrae de la balsa para aplicarlo a campo de forma idéntica al Escenario 1, es decir, mediante un sistema de bandas y tubos colgantes, y se entierra mediante vertedera en menos de 24 horas.
- **Escenario 3:** Corresponde a la adaptación del Escenario 1 de instalar una balsa exterior que cumple con los requisitos de reducción de emisiones del Art. 9 del R.D. 306/2020 (reducción de emisiones en un 80% - Cubierta rígida). Granja de 1.000 plazas de cerdos de cebo de 20 a 120 kg, con emparrillado total y foso profundo en el interior de los alojamientos, que mantiene el purín en el interior del alojamiento más de 1 mes y lo almacena en balsa exterior, con una cubierta rígida. A continuación, el purín se extrae de la balsa para aplicarlo a campo de forma idéntica al Escenario 1, es decir, mediante un sistema de bandas y tubos colgantes, y se entierra mediante vertedera en menos de 24 horas.

En todos los casos se han considerado los mismos parámetros productivos, de consumos de piensos, de pesos de entrada y salida de los animales, etc., modificando únicamente los parámetros que hacen referencia a los indicados en la descripción de los escenarios.

De este modo, las emisiones de **amoniaco** obtenidas para los tres escenarios estudiados son las siguientes:

Tabla 1. Emisiones de amoniaco obtenidas con la aplicación Ecogan para los tres escenarios estudiados (kg NH₃/año)

| | Emisiones de NH ₃ en el alojamiento | Emisiones de NH ₃ en el almacenamiento | Emisiones totales de NH ₃ |
|-------------|--|---|--------------------------------------|
| Escenario 1 | 2.659 | 0 | 2.659 |
| Escenario 2 | 2.659 | 833 | 3.492 |
| Escenario 3 | 2.659 | 167 | 2.825 |

Estos resultados muestran que en el Escenario 1 (granja de menos de 120 UGM, sin balsa y que almacena el purín en la fosa interior) las emisiones de NH₃ son un 25% inferiores que las producidas en el Escenario 2 (granja de menos de 120 UGM, que saca el purín 1 vez al mes a balsa exterior sin cubrir), y un 6% inferiores a las producidas en el Escenario 3 (granja de menos de 120 UGM, que saca el purín 1 vez al mes a balsa exterior con cubierta rígida).

La herramienta de cálculo Ecogan puede tener imprecisiones en este proceso de cálculo, pues no necesariamente está planteada para cubrir todos los escenarios previstos. No obstante, en el caso del amoniaco es razonable encontrar estas diferencias: se trata de un gas que se emite por unidad de superficie, y por tanto la construcción de una balsa exterior generará habitualmente mayores emisiones que no disponer de ella. También es cierto que la acumulación de purín en el interior podría generar mayores emisiones en el Escenario 1 con respecto a los Escenarios 2 y 3, al contrario de lo que indica Ecogan. En efecto, este efecto es esperable que exista, pero es esperable que sea de baja magnitud comparado con el escenario al que están obligadas las granjas de estas dimensiones (exentas de la obligación de aplicar MTDs). Esto es coincidente con lo indicado por Chowdhury et al. (2014).

En cuanto a las emisiones de **metano** producidas durante la gestión de los purines, los resultados obtenidos con la aplicación Ecogan son los mostrados en la Tabla 2. No se han contemplado las emisiones de metano debidas a la fermentación entérica ya que no se han modificado parámetros productivos ni de alimentación y por tanto serían iguales en los dos escenarios.

Tabla 2. Emisiones de metano debidas a la gestión de los purines obtenidas con la aplicación Ecogan para los tres escenarios estudiados (kg CH₄/año)

| | Emisiones de CH ₄ procedentes de la gestión de los purines |
|-------------|---|
| Escenario 1 | 19.397 |
| Escenario 2 | 38.793 |
| Escenario 3 | 38.793 |

En este caso, la diferencia es mayor, ya que en el Escenario 1 (granja de menos de 120 UGM, sin balsa y que almacena el purín en la fosa interior), las emisiones de CH₄ son un 50% inferiores a las producidas en el Escenario 2 (granja de menos de 120 UGM, que saca el purín 1 vez al mes a balsa exterior sin cubrir) y en Escenario 3 (granja de menos de 120 UGM, que saca el purín 1 vez al mes a balsa exterior con cubierta rígida). No obstante, el cálculo de la emisión de metano tiene importantes incertidumbres y este resultado debe ser tomado con cautela. Por ejemplo, en el Escenario 3 serían esperables mayores emisiones de metano al ser una balsa cubierta. También, sería esperable que en el Escenario 2 las emisiones fueran iguales o algo menores al Escenario 1, por la posible mayor temperatura media del purín en fosas con respecto a las balsas.

En cualquier caso, el equipo redactor no ha encontrado evidencias que justifiquen una reducción relevante de las emisiones en los Escenarios 2 y 3 (con balsa), comparado con el Escenario 1 (sin balsa).

Además, es importante tener en cuenta que muchas de estas granjas de menos de 120 UGM, que tienen fosa interior, ya tienen implementada alguna técnica contemplada como Mejor Técnica Disponible, y que lleva asociado un porcentaje de reducción de emisiones de amoníaco. Un ejemplo de este tipo de granjas serían aquellas que cuentan con fosa profunda debajo de un emparrillado parcial, y que aplican correctamente técnicas de gestión nutricional. Tal y como figura en la guía de Mejores Técnicas Disponibles del MAPAMA (2017), esta técnica está contemplada con una MTD efectiva para reducir las emisiones de NH₃ en los alojamientos de ganado porcino.

Por todo lo anteriormente expuesto, y analizando los efectos ambientales que conlleva la obligación de la construcción de la balsa exterior de almacenamiento de purines en granjas de menos de 120 UGM, se constata que este tipo de granjas no necesariamente suponen un nivel de emisión superior a las granjas con mayores emisiones que sí cumplen el R.D. 306/2020 en cuanto a disponer de una balsa exterior en su instalación.

Por tanto, se propone que este tipo de granjas, de forma excepcional, pueden aceptarse en cuanto a su nivel de emisiones. Esta excepción se propone únicamente para aquellas granjas ya construidas, de menos de 120 UGM, que tengan suficiente capacidad para almacenar en el interior del alojamiento el purín que producen sus animales durante al menos 3 meses, que lleven una adecuada gestión nutricional de los animales, y que tengan limitaciones constructivas para la instalación de la balsa en el exterior de su explotación.

Igualmente, se propone que en este tipo de granjas la construcción de la balsa exterior se enfoque como una recomendación, con las ventajas sanitarias e higiénicas que conlleva, promoviendo las acciones necesarias para facilitar la instalación de esas balsas siempre que sea posible. Adicionalmente, el equipo redactor de este informe no ha encontrado que existan requisitos que obliguen legalmente a que las granjas de capacidad inferior a 120 UGM tengan una balsa externa ubicada fuera de la nave, en lugar de contar con una fosa interior, más allá de la diferenciación que realiza el R.D. 306/2020 entre los términos “balsa” y “fosa”. En este sentido, argumentar motivos ambientales (reducción de emisiones, limitación de contaminación de aguas subterráneas por nitratos) no parece un argumento justificado para obligar a la construcción de una balsa exterior, si ya se cuenta dentro de las fosas con la capacidad de almacenamiento exigida por el R.D. 306/2020.

4. Propuesta de alternativas en granjas existentes sin balsa para la reducción de emisiones

En este apartado se han cuantificado numéricamente distintas alternativas para que las granjas de menos de 120 UGM que no tienen balsa, puedan alcanzar unos objetivos de reducción de emisiones equivalentes a los establecidos en el R.D. 306/2020, sin necesidad de construir una balsa.

Como se ha analizado en el apartado anterior, el almacenamiento de los purines en las balsas exteriores no necesariamente supone una reducción de las emisiones de amoníaco, sino que se deben aplicar una serie de medidas adicionales, tales como la retirada frecuente o cubierta de la balsa, para conseguir la reducción de emisiones. Dado que las granjas de menos de 120 UGM no tienen la obligación de aplicar este tipo de medidas (retirada frecuente o cubierta de la balsa), se plantea la posibilidad de que estas granjas apliquen otras técnicas en la granja de modo que consigan unos objetivos de reducción de emisiones y puedan ser exoneradas de construir una balsa nueva.

Así, se han planteado distintas opciones de gestión en este tipo de granjas, para cuantificar las emisiones de amoníaco y de metano producidas. Del mismo modo que en el apartado anterior, para valorar los distintos escenarios se ha utilizado la aplicación Ecogan del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Se ha considerado como referencia el caso de una granja de 1.000 plazas de cerdos de cebo de 20 a 120 kg, con emparrillado total y foso profundo en el interior de los alojamientos, que mantiene el purín más de 1 mes y lo almacena en balsa exterior, sin cubrir, durante más de 1 mes. A continuación, el purín se extrae de la balsa para aplicarlo a campo mediante un sistema de bandas y tubos colgantes, y se entierra mediante vertedera en menos de 24 horas.

Esta situación de referencia se ha comparado con la situación de una granja de 1.000 plazas de cerdos de cebo, que no tiene balsa exterior, pero que aplica alguna de las siguientes técnicas:

- Reducción del contenido del contenido de proteína bruta de los piensos
- Enrejillado parcial en las fosas del alojamiento
- Vaciado de las fosas 2 veces/semana para aplicar a campo o retirada por un gestor
- Colocación de bolas flotantes en la fosa del alojamiento

Las emisiones de **amoníaco** obtenidas con la aplicación Ecogan en cada uno de estos escenarios son las siguientes:

Tabla 3. Emisiones de amoníaco obtenidas con la aplicación Ecogan tras la aplicación de técnicas de reducción de emisiones en una granja de 1000 plazas, sin balsa (kg NH₃/año)

| Técnica utilizada | Emisiones de NH ₃ en el alojamiento | Emisiones de NH ₃ en el almacenamiento | Emisiones totales de NH ₃ |
|---------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Referencia (con balsa exterior) | 2.659 | 833 | 3.492 |
| Reducción de PB | 1.838 | 0 | 1.838 |
| Enrejillado parcial | 2.193 | 0 | 2.193 |
| Vaciado fosas 2 veces/semana | 1.994 | 0 | 1.994 |
| Bolas flotantes en fosas | 1.994 | 0 | 1.994 |

La aplicación de técnicas de reducción del contenido de PB de los piensos supone una reducción del N excretado en los purines, lo que deriva en una reducción de las emisiones de amoníaco.

En función del contenido de PB, las emisiones se reducirán en mayor o menor grado. Para este informe se ha utilizado como valor de referencia el empleado en el documento de Babot (2017), es decir, un contenido de PB del 16,8%. El valor obtenido se ha comparado con el de una dieta con un contenido medio de PB del 13,3%, obteniéndose así un porcentaje total de reducción de emisiones de amoniaco en la granja del 47% respecto a la situación de referencia.

La instalación de enrejillado parcial en los alojamientos también reduce las emisiones de amoniaco, puesto que se reduce la superficie de contacto del purín con el aire. En este caso, las emisiones de amoniaco se reducen un 37% respecto a la granja de referencia.

El vaciado frecuente de las fosas reduce el tiempo de exposición del purín en la fosa, y por lo tanto, reduce el tiempo durante el cual el purín está emitiendo amoniaco. En este caso se ha considerado que el ganadero extrae el purín de la fosa 2 veces/semana para aplicarlo a campo o ser retirado por un gestor. Se alcanzan así unos porcentajes de reducción de emisiones de amoniaco del 43% respecto a la granja de referencia.

La técnica de vaciado frecuente de las fosas se ha establecido en una frecuencia de 2 veces/semana puesto que Ecogan no contempla reducción de emisiones de amoniaco en los casos en los que la frecuencia de retirada es menor. Es decir, en Ecogan no hay diferencia en las emisiones de amoniaco si las fosas se vacían con una frecuencia inferior a 1 vez/mes o inferior a 2 veces/semana. Esto en la práctica no debería ser así, puesto que lo esperable es que las emisiones de amoniaco sean superiores si la fosa se vacía menos de 1 vez/mes a si se vacía más de 1 vez/mes (pero menos de 2 veces/semana). No obstante, a pesar de que los cálculos se han hecho así por este motivo, se considera que vaciando la fosa al menos 1 vez/mes, se alcanzaría un porcentaje de reducción de emisiones de amoniaco suficiente con respecto a la técnica de referencia.

Otra manera de reducir las emisiones de amoniaco de la fosa es colocando barreras físicas que limiten el contacto del purín con el aire. En este cálculo se ha contemplado la colocación de bolas flotantes en la fosa, lo que supone una reducción de las emisiones de amoniaco del 43% respecto a la situación de referencia.

En cuanto a las emisiones de **metano** producidas durante la gestión de los purines, los resultados obtenidos con la aplicación Ecogan son los mostrados en la Tabla 4. No se han contemplado las emisiones de metano debidas a la fermentación entérica al ser las mismas en todas las alternativas estudiadas.

Tabla 4. Emisiones de metano debidas a la gestión de los purines obtenidas con la aplicación Ecogan tras la aplicación de técnicas de reducción de emisiones en granjas sin balsa (kg CH₄/año)

| Técnica utilizada | Emisiones de CH ₄ procedentes de la gestión de los purines |
|------------------------------|---|
| Referencia | 38.793 |
| Reducción de PB | 19.397 |
| Enrejillado parcial | 19.397 |
| Vaciado fosas 2 veces/semana | 7.093 |
| Bolas flotantes en fosas | 19.397 |

Las granjas que no tienen balsa alcanzan una reducción de emisiones de metano considerable, aunque, tal y como se ha comentado en el apartado anterior, el cálculo de estas emisiones en Ecogan tiene importantes incertidumbres lo que hace que el resultado deba tomarse con cautela.

El mero hecho de mejorar la eficiencia alimentaria ya reduce considerablemente las emisiones de metano en comparación con la referencia. Esto se debe a que una mayor eficiencia alimentaria reduce la excreción de materia orgánica, que es el sustrato a partir del cual se produce el metano. Sin embargo, sería esperable que las emisiones de metano en la fosa con el enrejillado parcial o con las bolas flotantes fueran superiores a las que se obtienen con Ecogan, aunque similares a las del sistema de referencia.

Además, Ecogan aplica el mismo porcentaje de reducción de emisiones de metano para las retiradas de más de 2 veces/semana y más de 1 vez/mes (pero menos de 2 veces/semana), por lo que se considera que haciendo un vaciado de la fosa de al menos 1 vez/mes, sería suficiente para alcanzar el mismo porcentaje de reducción de emisiones de metano.

Para contar con un margen de seguridad, se propone que las granjas de menos de 120 UGM que no tienen balsa ni posibilidad de construirla por motivos urbanísticos, puedan quedar exentas de construir la balsa si aplican en su granja alguna técnica de reducción de eficacia demostrada como por ejemplo la reducción del contenido de proteína bruta de los piensos; el uso de enrejillado parcial sobre la fosa; el vaciado de la fosa de al menos 1 vez al mes para aplicar a campo o retirada por un gestor, el uso de algún aditivo con capacidad demostrada para reducir las emisiones (por ejemplo acidificantes o inhibidores de la ureasa) o la colocación de algún tipo de cubierta en las fosas como las bolas flotantes.

5. Conclusiones

A partir de lo expuesto en los anteriores apartados, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- La gestión preferente para la gestión del purín es retirarlo frecuentemente de las fosas y almacenarlo en el exterior en balsas, utilizando cubiertas que reduzcan la emisión. Sin embargo, esta no es la única opción que garantiza un nivel reducido de emisiones.
- La recomendación técnica siempre debe ser ubicar la balsa en el exterior y debería ser exigible para las granjas de nueva construcción, pero solo recomendable a granjas existentes que no dispongan de dichas balsas exteriores.
- No existe un beneficio ambiental evidente en obligar a que las granjas de pequeño tamaño que solo tienen fosas profundas instalen balsas en el exterior.
- Adicionalmente, en el contexto de la Comunitat Valenciana, esta actuación implica un elevado número de productores, pero una baja incidencia a nivel de censo, y por tanto con bajo impacto en la reducción de las emisiones.
- Existen diversas soluciones técnicas para que las granjas de menos de 120 UGM que no tienen balsa tengan menores emisiones que lo establecido en el R.D. 306/2020.
- Se propone que las granjas de menos de 120 UGM que no tienen balsa ni posibilidad de construirla por motivos urbanísticos, puedan quedar exentas de la obligación de construirla, siempre y cuando realicen alguna técnica de reducción de eficacia demostrada.
- En granjas existentes puede ser exigible incrementar las capacidades de almacenamiento que indica el R.D. 306/2020 si el plan de fertilización de la granja así lo exige, atendiendo al calendario de aplicaciones según los cultivos de la zona. Esto constituiría un motivo por el cual una granja podría tener que aumentar su capacidad de almacenamiento, que debería realizarse en todo caso mediante una balsa exterior que cumpla las especificaciones de reducción de emisiones indicadas en el R.D. 306/2020.

6. Bibliografía

- Babot, D. (2017). Porcino blanco. Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y fósforo. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Calvet, S., Estellés, F., Cartanyà, J., Babot, D. (2020). Guía para la minimización de las emisiones de gases en las granjas porcinas. Universitat de València; Interporc Spain; Universitat de Lleida.
- Chowdhury, A., Rong, L., Feilberg, A., Adamsen, A.P. (2014). Review of ammonia emissions from a pig house slurry pit and outside storage: Effects of emitting surface and slurry depth. Danish Environmental Protection Agency. Environmental project No. 1611.
- Dalby, F. R., Hafner, S. D., Petersen, S. O., VanderZaag, A. C., Habtewold, J., Dunfield, K., Chantigny, N.H., Sommer, S. G. (2021). Understanding methane emission from stored animal manure: A review to guide model development. *Journal of Environmental Quality*, 50(4), 817-835.
- MAPAMA (2017). Guía de las Mejores Técnicas Disponibles para reducir el impacto ambiental de la ganadería. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Petersen, S.O., Amon, B., Gattinger, A. (2005). Methane oxidation in slurry storage surface crusts. *Journal of Environmental Quality* 34, 455-461.
- Sommer, S. G., Zhang, G. Q., Bannink, A., Chadwick, D., Misselbrook, T., Harrison, R., Hutchings, N. J., Menzi, H., Monteny, G.J., Ni, J.Q., Oenema, O., Webb, J. (2006). Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy*, 89, 261-335.
- VanderZaag, A. C., Gordon, R. J., Glass, V. M., Jamieson, R. C. (2008). Floating covers to reduce gas emissions from liquid manure storages: a review. *Applied Engineering in Agriculture* 24, 657-671.

ANEJO 3.

PROPUESTA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS VALORES DE PRODUCCIÓN DE PURÍN DEL R.D. 306/2020 ADAPTADOS A LAS CONDICIONES DE LA COMUNITAT VALENCIANA

1. Antecedentes y objetivo

El R.D. 306/2020 sobre ordenación de las explotaciones porcinas, obliga a que todas las explotaciones de ganado porcino dispongan de balsas para el almacenamiento de los purines, cercadas e impermeabilizadas, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de purines de al menos 3 meses. La normativa indica que el volumen de estas balsas se puede calcular utilizando los valores de producción de purines (expresados en m³ por plaza y año) recogidos en el Anexo I de la misma, cualquier otra herramienta equivalente o instrumento de medición directa o indirecta, o cualquier criterio o valor autorizado por la autoridad competente.

Los valores de producción de purines recogidos en el Anexo I del R.D. 306/2020, fueron establecidos hace más de dos décadas en el anterior R.D. de ordenación de explotaciones porcinas (R.D. 324/2000), de 3 de marzo de 2000. Desde entonces, los avances en los sistemas de producción porcina han permitido controlar y reducir los consumos de agua y por tanto la producción de purines, lo que hace recomendable revisar este parámetro.

El consumo de agua por parte de los animales y el uso de agua de limpieza constituyen factores esenciales en la producción de purín. Dichos factores son técnicamente controlables tal y como se describe en la Guía para la Gestión del Agua en la Explotación Porcina (Babot *et al.*, 2020). Se ha descrito también que granjas de engorde aplicando tecnologías adecuadas de gestión del agua reducen considerablemente el volumen de purín generado (FuturAgrari, 2018; Parera *et al.*, 2019). Existen por tanto evidencias de que, en granjas con instalaciones adecuadas y correctamente gestionadas, los valores de producción real de purines en las granjas son sensiblemente inferiores a los recogidos en el Anexo I del R.D. 306/2020. En este sentido, algunas Comunidades Autónomas, como por ejemplo Cataluña, ya han elaborado normativas para el ajuste de este parámetro en las granjas de ganado porcino catalanas, de forma condicionada a las características de las instalaciones de suministro de agua y limpieza.

El dimensionamiento de las balsas de purines está ligado directamente a la producción de purines, ya que estas se deben dimensionar para almacenar los purines generados durante un periodo mínimo de 3 meses. Es necesario revisar este parámetro, junto con la cantidad de nitrógeno excretado, para adecuarse a la realidad del sector en la que la tecnología, la genética y la nutrición han evolucionado de forma muy relevante, especialmente en el cebo.

El ajuste de los volúmenes de purines afectaría a las capacidades mínimas de almacenamiento exigibles en la práctica según el R.D. 306/2020. Sin embargo, es importante resaltar que la capacidad mínima indicada por este Real Decreto no necesariamente garantiza el volumen de almacenamiento necesario por motivos de ajuste entre la producción de purín y las demandas de los cultivos del entorno. Por tanto, puede ser necesario disponer de balsas de mayor tamaño, o disponer de soluciones alternativas, si el plan de fertilización de la granja así lo requiere, atendiendo a los períodos en los cuales no sea posible la fertilización en el entorno de la granja. Estos tamaños mayores podrían ser exigibles normativamente en un futuro, por lo que además de cumplir con los volúmenes mínimos del R.D. 306/2020 es recomendable en todo caso que las granjas dimensionen sus balsas atendiendo al plan de fertilización previsto.

Igualmente, es importante indicar que las reducciones de volumen de purín propuestas en este estudio se corresponderán en todo caso con aquellas instalaciones que cumplan determinados requisitos técnicos respecto al control y el ahorro de agua, tanto en la alimentación como la limpieza, así como en la detección precoz de fugas de agua.

En este sentido, y a petición de la S.G. de Ganadería de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, se elabora el presente documento, con el objetivo de aproximar el cálculo de la cantidad de purines generada en las explotaciones porcinas a la realidad de las condiciones de la Comunitat Valenciana.

2. Metodología para la estimación del volumen de purín generado por los animales

Ante la ausencia de información propia de la Comunitat Valenciana respecto a los volúmenes generados por plaza y por año, este informe procede a estimarlos de forma indirecta, comprobando los resultados con mediciones realizadas en otras regiones. Para ello se parte de dos parámetros: la cantidad de nutrientes extraída de la fosa y la composición de esos purines (Figura 1). Tal como se indica en la figura, el volumen de purín a almacenar en la balsa se puede calcular como la división entre la cantidad de nutrientes extraídas de la fosa (calculada a partir de métodos oficialmente reconocidos) y los parámetros de composición de los purines (medidos en granjas a la salida de las fosas). Existe información disponible para realizar este cálculo con tres criterios: el N total, el N orgánico y el N amoniacal.

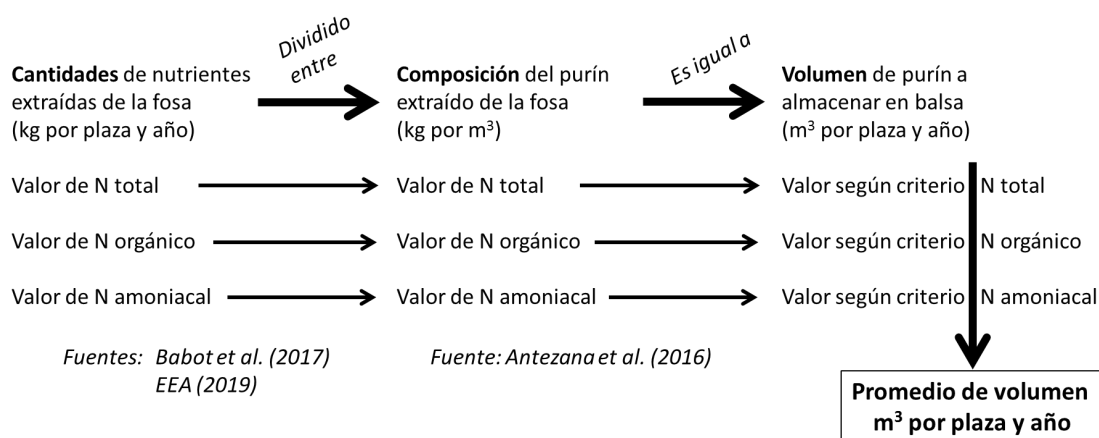


Figura 1. Esquema del proceso de estimación del volumen de purín generado por plaza y por año a partir de la información disponible de cantidades de nutrientes extraídos de la fosa y de la composición del purín.

Los parámetros de composición de los purines se pueden obtener de las analíticas de N realizadas en el momento de la extracción del purín de la fosa. Cabe destacar que durante el periodo en el cual el purín está almacenado en la fosa, la fracción del N presente en la orina se volatiliza en forma de emisiones de NH_3 . Por lo tanto, los resultados de las analíticas de la fosa contendrán las cantidades de N excretadas por los animales menos el N perdido por la volatilización del NH_3 durante la etapa en la que el purín está en la fosa dentro del alojamiento.

Por otro lado, las cantidades de N excretado por los animales se obtienen del documento zootécnico de porcino (Babot, 2017). En este documento se realiza un balance alimentario, en el que se parte de una serie de parámetros productivos (periodos, pesos a la entrada y a la salida de los animales), alimentarios (composición de los piensos, consumos de materia seca, proteína bruta, lisina, digestibilidades), de gestación (lechones gestados, lechones nacidos, bajas lactación, duración lactación), etc. para obtener así las necesidades de N de los animales, así como las cantidades de N retenido por los mismos. De este modo, realizando el balance entre el N consumido y el N retenido, se obtienen las cantidades de N excretado por cada una de las categorías animales.

Por tanto, estos cálculos podrían realizarse para cada una de las categorías de ganado porcino contempladas en el documento zootécnico, que son las siguientes:

- Lechones destetados
- Cerdo de 20 – 49 kg
- Cerdo de 50 – 79 kg
- Cerdo de 80 – 109 kg
- Cerdo de > 110 kg
- Verracos jóvenes
- Verracos adultos
- Reproductora no cubierta
- Reproductora en primera gestación
- Reproductora en gestación
- Reproductora criando por primera vez
- Reproductora criando
- Reproductora en reposo por primera vez
- Reproductora en reposo

3. Parámetros de composición de los purines

Los parámetros de composición de los purines que se necesitarían para llevar a cabo este cálculo son las concentraciones de N total, N orgánico y N amoniacal.

En este caso, se han tomado una serie de valores bibliográficos representativos de las condiciones de la ganadería de la Comunitat Valenciana. De este modo, se propone utilizar los resultados obtenidos en un estudio de caracterización de purines llevado a cabo en 77 explotaciones ganaderas, ubicadas en la Comunidad Valenciana y en el centro peninsular (Antezana *et al.*, 2016). Como se ha comentado anteriormente, estas analíticas corresponden a purines extraídos de fosa, y por tanto es la mejor estimación disponible para calcular el volumen de purín extraído de las naves.

Este estudio se ha realizado con purines procedentes de granjas de cerdas gestantes, lactantes, lechones y granjas de cebo. La alimentación de los animales en estas explotaciones se ha realizado tanto en seco como en húmedo y con alimentación restringida y *ad libitum*. El estudio recoge resultados de granjas con distintos tipos de enrejillados en el suelo de los alojamientos (slat total y slat parcial), así como las distintas formas de ventilación de los alojamientos (natural y parcial). Los periodos de acumulación del purín en las fosas también son representativos de las condiciones de la Comunitat Valenciana.

En dicho estudio, los valores más representativos por número de granjas muestreadas son los animales de engorde y las madres, que suponen a su vez la mayor parte del censo de ganado porcino de la Comunitat Valenciana, así como la práctica totalidad de la producción de purines. Es por ello que el presente informe se centra en estas dos categorías. Del resto de categorías incluidas en el Documento Zootécnico, REGA o R.D. 306/2020 no se tienen evidencias suficientes para poder proponer reducciones en las cantidades de purines, ni con los datos disponibles de este análisis, ni con las referencias bibliográficas consultadas.

Por tanto, siguiendo los resultados de este estudio, los parámetros de composición química que se podrían utilizar son los siguientes (Tabla 1):

Tabla 1. Parámetros de composición química de los purines (Antezana *et al.*, 2016).

| Parámetro | Unidad | Cebo | Gestantes | Lactantes |
|-------------|-------------------|------|-----------|-----------|
| N total | kg/m ³ | 6,01 | 4,36 | 3,37 |
| N amoniacal | kg/m ³ | 3,94 | 2,87 | 1,94 |
| N orgánico | kg/m ³ | 2,03 | 1,62 | 1,22 |

4. Cantidades de N extraídas de las fosas

Las cantidades de N extraídas de las fosas se calculan a partir de las excreciones de N y restando las emisiones de gases nitrogenados (amoníaco) durante la crianza. Las excreciones de N se calculan a partir del balance alimentario siguiendo la metodología del documento zootécnico de porcino (Babot et al., 2017). Para ello se parte de una serie de valores productivos, alimentarios y de gestación, para cada una de las categorías establecidas en el documento, para calcular así en último lugar las cantidades de nitrógeno excretado en la orina y en las heces. A estos valores se restarán las emisiones durante la fase de crianza, de acuerdo con la metodología oficial de cálculos de los inventarios de emisiones de gases contaminantes (EEA, 2019). Como resultado se obtendrán los valores de N total, orgánico y amoniacal extraídos de las fosas.

Como se ha comentado en el apartado anterior, en este estudio se van a analizar únicamente las categorías de cerdos de cebo y cerdas reproductoras, por ser las categorías incluidas en el estudio de Antezana et al. (2016). Así pues, los valores de partida más relevantes de esta metodología para las categorías de cerdos estudiadas se recogen en la Tabla 2 (pesos y períodos), Tabla 3 (características de las dietas) y Tabla 4 (variables del período de gestación):

Tabla 2. Variables de entrada en el balance alimentario (variables productivas)

| Categoría | Periodo productivo (días) | Peso inicial (kg) | Peso final (kg) |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|
| Cerdo 20-49 kg | 50 | 17,9 | 50,0 |
| Cerdo 50-79 kg | 43 | 50,0 | 80,0 |
| Cerdo 80-109 kg | 38 | 80,0 | 107,2 |
| Cerdo >110 kg | 25 | 107,2 | 125,0 |
| Reproductora 1ª gestación | 115 | 144,8 | 189,8 |
| Reproductora gestación | 115 | 200,0 | 230,0 |
| Reproductora criando por 1ª vez | 24 | 164,8 | 159,8 |
| Reproductora criando | 24 | 205,0 | 200,0 |
| Reproductora reposo por 1ª vez | 9 | 159,8 | 159,8 |
| Reproductora reposo | 9 | 200,0 | 200,0 |

Tabla 3. Variables de entrada en el balance alimentario (variables alimentarias)

| Categoría | EM ración (kcal/kg) | PB ración (%) | Lis (%) | DPB ración (%) | EB ración (kcal/kg) | DE ración (% ms) |
|---------------------------------|---------------------|---------------|---------|----------------|---------------------|------------------|
| Cerdo 20-49 kg | 3.724 | 18,2 | 0,85 | 83,0 | 5.071 | 75,8 |
| Cerdo 50-79 kg | 3.703 | 17,3 | 0,8 | 82,3 | 5.060 | 75,6 |
| Cerdo 80-109 kg | 3.693 | 16,5 | 0,75 | 81,9 | 5.039 | 75,7 |
| Cerdo >110 kg | 3.674 | 15,1 | 0,66 | 80,5 | 5.061 | 75,1 |
| Reproductora 1ª gestación | 3.348 | 15,5 | 0,65 | 76,5 | 5.000 | 69,5 |
| Reproductora gestación | 3.348 | 15,4 | 0,62 | 76,4 | 4.997 | 70,9 |
| Reproductora criando por 1ª vez | 3.596 | 19,5 | 0,82 | 82,3 | 5.084 | 77,2 |
| Reproductora criando | 3.596 | 19,5 | 0,82 | 82,3 | 5.084 | 77,2 |
| Reproductora reposo por 1ª vez | 3.596 | 19,5 | 0,82 | 82,3 | 5.084 | 74,1 |
| Reproductora reposo | 3.348 | 15,4 | 0,62 | 76,4 | 4.997 | 70,9 |

EM: energía metabolizable; PB: proteína bruta; Lis: lisina; PD: proteína digestible; DPB: digestibilidad de la proteína bruta; EB: energía bruta; DE: digestibilidad de la energía

Tabla 4. Variables productivas de la gestación para el cálculo del balance alimentario

| Parámetro | Valor |
|---------------------------------------|-------|
| Peso nacimiento (kg) | 1,4 |
| Lechones gestados/gestación | 14,36 |
| Duración de la gestación (días) | 115,2 |
| Peso destete (kg) | 6,13 |
| Edad destete (días) | 24 |
| Lechones nacidos vivos/cerda y camada | 12,98 |
| Bajas lactación | 0,13 |
| Duración de la lactación (días) | 24 |

Considerando todos estos parámetros, se ha desarrollado la metodología de cálculo del balance alimentario y se han restado los valores de emisión en alojamiento, resultando en los valores de N extraídos de la fosa indicados en la Tabla 5.

Tabla 5. Cantidades de N total, N orgánico y N amoniacal extraídos de las fosas según la categoría animal.

| Categoría | N total (kg/año) | N orgánico (kg/año) | N amoniacal (kg/año) |
|---------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|
| Cerdo 20-49 kg | 7,1 | 2,4 | 4,7 |
| Cerdo 50-79 kg | 8,7 | 3,0 | 5,7 |
| Cerdo 80-109 kg | 9,4 | 3,2 | 6,2 |
| Cerdo >110 kg | 9,7 | 3,5 | 6,2 |
| Cerdo de 20 a >110 kg | 8,7 | 3,0 | 5,6 |
| Reproductora 1ª gestación | 10,4 | 3,9 | 6,5 |
| Reproductora gestación | 11,6 | 4,1 | 7,5 |
| Reproductora criando por 1ª vez | 27,6 | 10,2 | 17,4 |
| Reproductora criando | 29,7 | 10,7 | 19,0 |
| Reproductora reposo por 1ª vez | 10,6 | 2,6 | 8,0 |
| Reproductora reposo | 10,9 | 3,5 | 7,4 |

Es importante resaltar que, aunque la categoría de engordes considerada en el documento zootécnico tiene la denominación de hasta 110 kg de peso, en la práctica ese mismo documento ya reconoce que el peso real de finalización del cebo ronda los 120 kg de peso, y por tanto esta categoría es asimilable a las nuevas indicadas en el R.D. 306/2020 (por ejemplo, el cerdo de 20 a 120 kg de peso).

5. Volumen de purín generado

Una vez obtenidos los datos de composición de purines y de N extraído de las fosas, ya es posible calcular el volumen de purín generado por los animales. Tal como se describe en la Figura 1, esto se ha realizado atendiendo a 3 criterios: el N total excretado, el N orgánico y el N amoniacal. A partir de estos tres criterios puede obtenerse un valor promedio de generación de purín para cada una de las categorías consideradas.

A partir de los datos de composición de purines que se disponen en este estudio, se pueden extraer los volúmenes de purín para las categorías de cerdos de cebo y de cerdas reproductoras, tal y como se recoge en la Tabla 6:

Tabla 6. Volumen generado de purín (m³ por plaza y año) para las categorías de cerdos de cebo y cerdas reproductoras, según tres criterios de cálculo, y promedio calculado.

| Categoría | Criterio N total | Criterio N orgánico | Criterio N amoniacal | Promedio Volumen purín |
|---------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| Cerdo 20-49 kg | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Cerdo 50-79 kg | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,5 |
| Cerdo 80-109 kg | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Cerdo >110 kg | 1,6 | 1,8 | 1,6 | 1,7 |
| Cebo de 20 a >110 kg | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,4 |
| Reproductora 1ª gestación | 2,7 | 2,8 | 2,7 | 2,7 |
| Reproductora gestación | 3,0 | 2,9 | 3,1 | 3,0 |
| Reproductora criando por 1ª vez | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |
| Reproductora criando | 7,7 | 7,6 | 7,9 | 7,7 |
| Reproductora reposo por 1ª vez | 2,7 | 1,8 | 3,3 | 2,6 |
| Reproductora reposo | 2,8 | 2,5 | 3,1 | 2,8 |

6. Propuesta de actualización de los valores de producción de purín del R.D. 306/2020

Partiendo de la información anteriormente descrita, se propone aplicar distintos ajustes sobre los valores de producción de purín del Anexo I del R.D. 306/2020, en función de la categoría de ganado porcino. En este sentido, se propone ajustar dichos valores en base a los siguientes criterios, resultando en los valores indicados en la **Tabla 7**:

Cerdos de cebo: Para los cerdos de cebo, la información analizada en este estudio sugiere que la producción de purín en los cerdos de cebo es alrededor de un 33% inferior a los valores propuestos en el R.D. 306/2020. Para dar cierto margen y posicionarse del lado de la seguridad, se propone aplicar una reducción de un 30% sobre los valores recogidos en el Anexo I del R.D. 306/2020.

De este modo, el volumen de purín producido por un cerdo de cebo de 20 a 120 kg sería de **1,5 m³/plaza·año**, en lugar de los 2,15 m³/plaza·año marcados en el R.D. 306/2020. Las referencias bibliográficas existentes (FuturAgrari, 2017; Parera et al., 2019) recogen valores de producción en engordes bien gestionados por debajo de 1 m³ por plaza y año. Estas mediciones se han realizado en Cataluña, en condiciones de crianza similares a las existentes en la Comunitat Valenciana, lo cual confirma que el valor propuesto ya cuenta con un importante margen de seguridad.

Siguiendo este criterio, para el resto de categorías de cerdos de cebo, que se crían en condiciones similares, resulta ajustado a la realidad reducir los volúmenes de purín establecidos en el R.D. 306/2020 en este mismo porcentaje, es decir, reducirlos en un 30%. Esta reducción incluye también a las cerdas de reposición, que se crían en condiciones similares a los animales de engorde.

Cerdas con lechones hasta destete (0 a 6 kg): Según los resultados obtenidos en este estudio para las categorías de cerdas reproductoras, y teniendo en cuenta las proporciones de animales de los censos y la información del documento zootécnico sobre duración de la lactancia y de intervalos destete-cubrición, se ha hecho una media ponderada de los resultados para sacar un único dato para estas cerdas. De este modo, se ha obtenido que el volumen de purín producido por las cerdas de esta categoría sería de 3,9 m³/plaza·año, lo que supone que este valor es un 25% inferior al volumen marcado en el R.D. 306/2020.

Sin embargo, y al contrario que en los cerdos de cebo, no existen referencias que permitan confirmar dicho valor con mediciones de campo. Adicionalmente, las consultas realizadas a expertos por parte del equipo redactor sugieren una mayor variabilidad en el uso del agua en granjas de madres y por tanto en la generación del purín. Por ello, el equipo redactor propone aplicar un margen de seguridad del 20% sobre el valor calculado. De este modo, el volumen propuesto para esta categoría de cerdas es de **4,6 m³/plaza·año**, en lugar de los 5,1 m³/plaza·año marcados en el R.D. 306/2020, es decir, una reducción del 10% respecto a ese valor.

Lechones y verracos: Para estas categorías no se dispone de suficiente evidencia científica como para modificar el valor actualmente propuesto en el R.D. 306/2020, por lo que se propone mantenerlo.

Por otro lado, el R.D. 306/2020 también da valores de producción de purín para las cerdas en ciclo cerrado y para las cerdas con lechones hasta 20 kg. Para estos casos, se propone que los

valores de producción de purín sean calculados para las condiciones particulares de cada granja, en base a los animales existentes en cada categoría.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todas estas consideraciones, los volúmenes de purín propuestos para actualizar los establecidos en Anexo I del R.D. 306/2020, en función del conocimiento científico-técnico actualmente disponible, se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores de producción de purín propuestos (m³/plaza y año) para actualizar el Anexo I del R.D. 306/2020 en la Comunitat Valenciana, para las distintas categorías de ganado porcino.

| Categoría | Valores RD 306/2020 | Nuevos valores propuestos |
|---|------------------------|------------------------------|
| Cerda con lechones hasta destete (0 a 6 kg) | 5,1 | 4,6 |
| Cerda reposición | 2,5 | 1,8 |
| Lechones 6 a 20 kg | 0,41 | Sin cambios |
| Cerdo de 20 a 50 kg | 1,8 | 1,3 |
| Cerdo de 50 a 120 kg | 2,5 | 1,8 |
| Cerdo de cebo de 20 a 120 kg | 2,15 | 1,5 |
| Cerdo de cebo de 6 a 120 kg | 1,67 | 1,2 |
| Cerdo de cebo de >120 kg | 3,06 | 2,1 |
| Cerdo cebo de 20 a >120 kg | 2,3 | 1,6 |
| Verracos | 6,12 | Sin cambios |

7. Alcance y limitaciones de este informe

El presente informe se redacta atendiendo al conocimiento actualmente existente y tiene como finalidad aportar valores actualizados de volumen de purín generados en granjas, manteniendo un importante margen de seguridad.

El informe propone valores de producción de purín menores a los indicados en el R.D. 306/2020 para algunas categorías de animales, que pueden alcanzarse de forma generalizada en granjas que aplican medidas de control y reducción del consumo de agua. De hecho, estas medidas de optimización del uso del agua ya se indican expresamente en el R.D. 306/2020, incluso para granjas existentes, y se traducen en medidas técnicas que permiten verificar que una determinada instalación es adecuada.

Se recomienda contrastar la propuesta de valores de este informe con datos reales de producción de purín basándose en medidas en condiciones de granja, en el contexto de la Comunitat Valenciana. Dado que se ha trabajado con un importante margen de seguridad y los valores propuestos son conservadores, la medición rutinaria de los volúmenes de purín generados podría permitir disponer de información que avale incluso reducir más los valores propuestos (por ejemplo, en el caso engordes).

Cabe destacar también que la gestión del purín se realizará no solo atendiendo a los volúmenes generados en la granja (metros cúbicos), sino a su uso como fertilizante, que es el que determinará las dosis, tiempos y formas de aplicación, así como la necesidad de mayores volúmenes de almacenamiento u otro tipo de gestión del mismo. Esto significa en la práctica que el tamaño mínimo de almacenamiento requeridos en la práctica para una granja podría ser superior a los 3 meses.

8. Referencias bibliográficas

Antezana, W., De Blas, C., García-Rebollar, P., Rodríguez, C., Beccaccia, A., Ferrer, P., Cerisuelo, A., Moset, V., Estellés, F., Cambra-López, M., Calvet, S. (2016). Composition, potential emissions and agricultural value of pig slurry from Spanish commercial farms. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 104: 159-173. DOI 10.1007/s10705-016-9764-3.

Babot, D. (2017) Porcino blanco. Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fósforo. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Babot, D., Sancho, V., Pascual, S., Cartanyà, J., Parera, J., Ferrer, N., García, E., Moreno, J.A., Blanco, G. (2020). Guía para la gestión del agua en la explotación porcina. Universitat de Lleida. DOI 10.21001/gestion.agua.explotacion.porcina.2020

EEA (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. EEA Report No. 13/2019. Disponible online en <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>.

FuturAgrari (2018). Informe final del proyecto LIFE Futur Agrari (LIFE12 ENV/ES 000647). Disponible online en http://www.futuragrari.cat/4/final_report_1111790.html. Acceso el 18/02/2021

Parera, J., Ortiz, C., Murillo, G., Canut, N., Tugues, J., Puigpinós, E. (2019). Cuantificación y caracterización de purines porcinos en explotaciones de engorde. XVIII Jornadas sobre Producción Animal AIDA, páginas 54-56.

ANEJO 4.
**NITRÓGENO EXCRETADO EN LOS PURINES DE GANADO
PORCINO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA**

1. Antecedentes y objetivo

En el marco de las normativas ambientales europeas, en concreto del Pacto Verde Europeo, nace la Estrategia “De la granja a la mesa”. En esta estrategia se hace referencia a varios aspectos ambientales que afectan directamente a la ganadería, con unos objetivos que se deben cumplir en el año 2030. Entre estos objetivos están los siguientes:

- Reducción del 50% de las pérdidas de nutrientes
- Reducción del 20% del uso de fertilizantes
- Minimizar las emisiones, para disminuir los impactos en el agua, aire y suelo. Es lo que se denomina “Contaminación cero”.

Por otro lado, en el recién publicado R.D. 47/2022, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, se modifican los criterios para la identificación de aguas afectadas por la contaminación por nitratos, que son la base para la designación de las zonas vulnerables, y se estima que la superficie de zonas protegidas se incremente alrededor de un 50%. En las zonas declaradas como vulnerables a la contaminación por nitratos, la aplicación de estiércoles y purines está limitada en base a su contenido de nitrógeno, por lo que, al incrementarse la superficie de zonas protegidas, habrá un mayor número de granjas afectadas por esta limitación en la aplicación de purines a campo.

Además, el R.D. 306/2020 sobre ordenación de las explotaciones porcinas, establece una serie de exigencias en materia de reducción de emisiones que deben cumplir tanto las granjas de nueva instalación, como las granjas de más de 120 UGM, lo que equivale, según las equivalencias publicadas en el Anexo I, a 1.000 plazas de cerdos de cebo de 20 a 120 kg.

Estas exigencias ambientales obligan a las granjas de más de 120 UGM a realizar un vaciado de las fosas de estiércoles de los alojamientos al menos una vez al mes. Además, deberá adoptar al menos una de las siguientes técnicas en su explotación:

- c) Vaciado de las fosas de estiércoles de los alojamientos al menos dos veces por semana, con el objeto de reducir al menos un 30% de las emisiones de gases contaminantes respecto a la técnica de referencia.
- d) Cubrir las balsas de estiércoles, si no se forma costra natural, con técnicas que reduzcan las emisiones de gases contaminantes al menos en un 40% con respecto a la referencia de balsa sin costra.

Por su parte, las granjas de nueva instalación (excepto las reducidas y las de autoconsumo) deberán adoptar medidas que reduzcan las emisiones producidas en el alojamiento en un 60% y las producidas en el almacenamiento en un 80%, con respecto a las técnicas de referencia.

Todas estas normativas se verán complementadas en el corto plazo con los futuros R.D. de nutrición sostenible de los suelos agrarios, y de registro general de las Mejores Técnicas Disponibles, que se encuentran actualmente pendientes de publicarse. A través de la normativa sobre nutrición sostenible de los suelos se pretende, entre otras cosas, regular la aplicación de los estiércoles y purines a los suelos agrícolas, estableciendo el cálculo de las necesidades de nutrientes de los cultivos, el momento exacto de aplicación y el tipo de maquinaria utilizada. Por su parte, en la normativa sobre las Mejores Técnicas Disponibles se pretende monitorizar el alcance de las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero en el sector ganadero.

En todas estas normativas, el contenido de nitrógeno en los purines resulta un parámetro clave, ya que permitirá conocer la cantidad de este nutriente que se aporta al suelo mediante la fertilización, así como cuantificar las emisiones de gases nitrogenados que se emiten a la atmósfera.

En este sentido, el R.D. 306/2020 indica que el valor del contenido de nitrógeno de los purines se calculará utilizando las bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y fósforo, publicadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Babot, 2017), así como cualquier otra herramienta equivalente autorizada por el órgano competente. En dichas bases zootécnicas, se actualiza al alza el valor que se proponía en el antiguo R.D. de ordenación de porcino (R.D. 324/2000, de 3 de marzo), debido a la mayor intensividad por plaza que existe en la actualidad. Además, se realiza el reparto del contenido de nitrógeno entre heces y orina, necesario para los posteriores cálculos.

Los valores por defecto propuestos en documento de Babot (2017) se recogen en la Tabla 1 (para el año 2015).

Tabla 5. Nitrógeno total, en heces y en orina excretado en los purines (kg/plaza-año), según Babot (2017)

| | N excretado (kg/año) | N heces (kg/año) | N orina (kg/año) |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Lechones destetados | 3,45 | 0,90 | 2,54 |
| Cerdo de 20 a 49 kg | 8,81 | 2,46 | 6,35 |
| Cerdo de 50 a 79 kg | 10,72 | 2,99 | 7,73 |
| Cerdo de 80 a 109 kg | 11,68 | 3,27 | 8,41 |
| Cerdo de más de 110 kg | 12,06 | 3,59 | 8,47 |
| Verracos jóvenes | 16,22 | 3,79 | 12,43 |
| Verracos adultos | 18,75 | 4,71 | 14,04 |
| Reproductora no cubierta | 13,20 | 4,24 | 8,95 |
| Reproductora en 1ª gestación | 14,00 | 3,97 | 10,02 |
| Reproductora en gestación | 15,70 | 4,17 | 11,53 |
| Reproductora criando por 1ª vez | 37,15 | 10,27 | 26,88 |
| Reproductora criando | 40,06 | 10,78 | 29,27 |
| Reproductora en reposo por 1ª vez | 14,90 | 2,63 | 12,27 |
| Reproductora en reposo | 14,97 | 3,52 | 11,45 |

La ganadería porcina en la Comunidad Valenciana reúne unas características particulares. Alrededor del 80% de las explotaciones de ganado porcino de la Comunidad son granjas de cebo, de pequeño o mediano tamaño (la mayoría de menos de 120 UGM), estando la mayoría de ellas integradas en otras empresas. En la mayoría de estas granjas es habitual desde hace algunos años llevar a cabo una alimentación por fases, de modo que se emplean piensos con contenidos de proteína bruta muy ajustados a los pesos y a las necesidades nutricionales de los animales, por lo que sería esperable que las cantidades de N excretado en los purines de estas granjas sean inferiores a los establecidos en las normativas de ordenación del sector porcino.

Por ello, y a petición de la Asociación Empresarial de Productores de Porcino de la Comunidad Valenciana (PROGAPORC, CV), se desarrolla este trabajo con el objetivo de caracterizar las excretas de nutrientes en los purines de la Comunidad Valenciana. En concreto, se pretende

establecer un valor medio del contenido de nitrógeno en los purines, representativo de las granjas de ganado porcino de la Comunidad Valenciana. Como se ha comentado anteriormente, el contenido de nitrógeno excretado en los purines es un parámetro clave que afecta de manera directa a las emisiones de gases nitrogenados y a las cantidades de purines que se pueden aplicar a los campos para su uso como fertilizante.

2. Metodología

El estudio se ha realizado analizando las dietas y los parámetros productivos de distintas granjas de cerdos de cebo de la Comunidad Valenciana, y aplicando la metodología de las bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y fósforo, publicadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Babot, 2017), para determinar las excretas de nitrógeno en los purines de cada granja.

La información de las granjas ha sido proporcionada por Progaporc CV, y se han utilizado datos relativos a la duración del periodo productivo, pesos al inicio y al final de la categoría, número de piensos, cantidades consumidas, características y composición de cada uno de ellos.

Para el estudio se han utilizado los datos proporcionados por 5 empresas integradoras, correspondientes a los tres últimos ciclos de 37 granjas de cerdos de cebo. Las granjas estudiadas están repartidas por distintas comarcas de la Comunidad Valenciana, tales como Los Serranos, Utiel-Requena, Camp de Turia, Baix Maestrat, Alt Maestrat, Alto Palancia y L'Horta Sud. Además, se han incluido en el estudio algunas granjas de fuera de la Comunidad Valenciana, pero cuya ubicación se encuentra próxima a las zonas de mayor concentración de granjas porcinas de la Comunidad, tales como algunas zonas de Teruel, Cuenca o Albacete.

A partir de esta información, se ha aplicado la metodología de las bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno (Babot, 2017), siguiendo los siguientes pasos:

1º) Cálculo de las necesidades de energía

En primer lugar, se han calculado las necesidades de energía de los animales, tanto de energía no productiva como de energía productiva. Para conocer las necesidades diarias de energía no productiva se calcula la energía metabolizable para el mantenimiento y la energía metabolizable para la termorregulación. En el caso de la energía productiva, se debe conocer la energía metabolizable para el crecimiento (para la acumulación de grasa y para la síntesis de proteína) y la energía metabolizable para la gestación (energía atribuible al crecimiento del feto y envolturas, ganancia de peso de la ubre y necesidad de energía para la ganancia de reservas). En este caso, no se han tenido en cuenta las energías de la gestación, ya que el balance alimentario se ha realizado únicamente para animales en crecimiento.

2º) Cálculo de las necesidades de proteína

En este apartado se calculan las necesidades de lisina para el mantenimiento y el crecimiento de los cerdos de cebo.

3º) Características de la ración: tipo, energías, proteína bruta y digestibilidad de las raciones

El documento zootécnico establece unas dietas tipo para cada una de las categorías de animales, y obtiene valores para todos estos parámetros que pueden ser utilizados en caso de no disponer de valores propios. En este trabajo, las empresas de Progaporc CV han podido suministrar algunos de estos parámetros, como por ejemplo, la materia seca de los piensos, el contenido de proteína bruta, la energía neta y la energía bruta del pienso. Para el resto de parámetros se han utilizado los que proporciona el documento zootécnico.

4º) Cálculo de la ingesta de materia seca

Para calcular la ingesta de materia seca necesaria, el documento zootécnico propone dividir las necesidades energéticas totales de los animales entre el aporte energético del alimento. Sin embargo, en este trabajo no se ha utilizado esta ecuación para obtener la ingesta de materia seca, sino que se ha utilizado la información suministrada por las empresas de Progaporc CV para obtener este dato con mayor exactitud. De este modo, conociendo la materia seca de los piensos y la cantidad de cada pienso que comen los animales, el periodo productivo y el número de animales, se ha podido extraer la cantidad de materia seca que come un animal al día.

5º) Cálculo de la ingesta de energía, proteína bruta, lisina y nitrógeno

Conociendo los contenidos de proteína bruta de la ración, contenido en lisina de la materia seca de la ración y energía metabolizable de la ración, y considerando que el N contenido en la PB es del 16%, se pueden aplicar una serie de ecuaciones para calcular la ingesta de energía, proteína bruta, lisina y nitrógeno.

6º) Cálculo de la retención de nitrógeno

En este apartado se calcula el nitrógeno retenido que no se excreta en heces ni orina, es decir, aquel que se utiliza en la actividad productiva del animal (en el crecimiento, en la gestación y en la lactación). Puesto que el trabajo se ha realizado sobre los animales en crecimiento, únicamente se ha contemplado la retención de nitrógeno en el crecimiento.

7º) Cálculo de la excreta de nitrógeno

El nitrógeno excretado es la suma del nitrógeno contenido en la orina y el contenido en las heces sólidas. Se calcula primero el nitrógeno total excretado, por diferencia entre el nitrógeno ingerido y el nitrógeno retenido. A partir de ahí, se obtiene el nitrógeno contenido en las heces, y finalmente, por diferencia, se obtiene el nitrógeno contenido en la orina.

En el Anejo I del presente documento se describe más detalladamente la metodología utilizada para el cálculo del balance alimentario.

Finalmente, se han calculado las emisiones de amoníaco (NH_3) producidas por los purines en las etapas de alojamiento y almacenamiento, así como el nitrógeno que queda disponible para ser utilizado como fuente de fertilización orgánica. Estos cálculos se han realizado siguiendo la metodología de la guía EMEP/EEA (2019).

3. Resultados generales

En la Tabla 2 se muestran los resultados medios obtenidos para las distintas empresas integradoras que han proporcionado datos para el estudio. El valor de referencia utilizado es el obtenido en el documento zootécnico.

Tabla 6. Resultados del balance alimentario en las granjas de cerdos de cebo estudiadas. N excretado total, en heces y en orina (kg N/año)

| | N excretado | | N heces | | N orina | |
|------------------------------|-------------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| | Kg N/año | Reducción (%) | Kg N/año | Reducción (%) | Kg N/año | Reducción (%) |
| Doc. Zootécnico (Referencia) | 10,66 | | 2,99 | | 7,67 | |
| Empresa 1 | 6,27 | 41% | 2,25 | 25% | 4,02 | 48% |
| Empresa 2 | 7,07 | 34% | 2,56 | 14% | 4,51 | 41% |
| Empresa 3 | 6,39 | 40% | 2,04 | 32% | 4,35 | 43% |
| Empresa 4 | 5,16 | 52% | 2,03 | 32% | 3,13 | 59% |
| Empresa 5 | 9,23 | 13% | 2,88 | 4% | 6,35 | 17% |

Tal y como se observa en la tabla, los datos medios obtenidos para las 5 empresas son inferiores a los indicados en el documento zootécnico. En el caso del nitrógeno total excretado, las reducciones obtenidas oscilan de media entre el 13% y el 52% con respecto al valor estimado en el documento zootécnico. El nitrógeno contenido en las heces de las granjas de cerdos analizadas está entre un 4% y un 32% por debajo del indicado en el documento zootécnico. En cuanto a los valores medios obtenidos del nitrógeno contenido en la orina, son entre un 17% y un 59% inferiores a los propuestos en el documento zootécnico.

En la Figura 1 se ha utilizado una gráfica de bigotes para mostrar los resultados. En ella se puede observar que los rangos de valores obtenidos para las empresas son en todos los casos inferiores al valor indicado en el documento zootécnico.

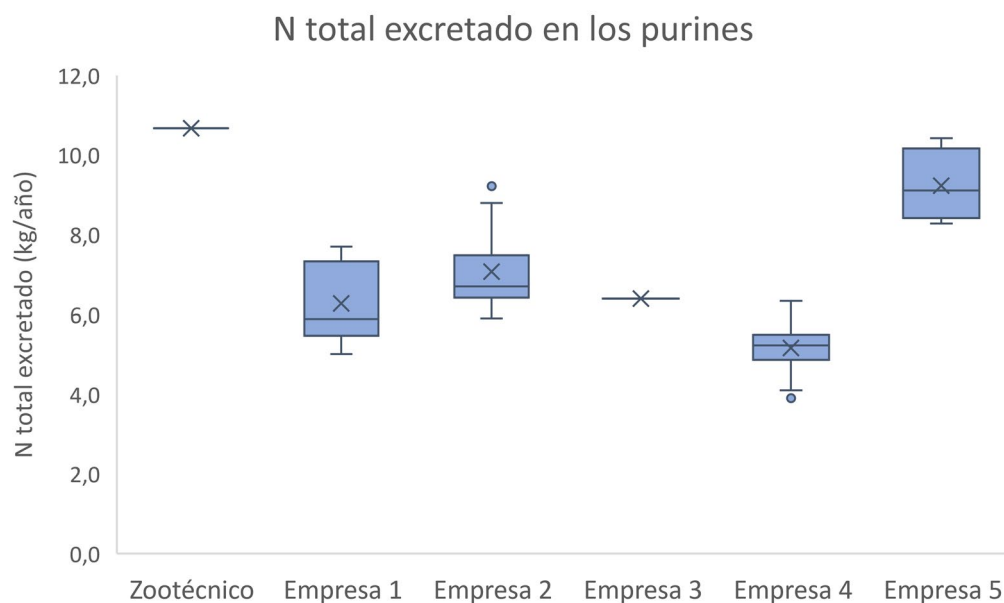


Figura 10. Diagrama de bigotes del nitrógeno total excretado en las granjas de cerdos de cebo estudiadas (kg N/año)

El diagrama del nitrógeno contenido en las heces se muestra en la Figura 2. En este caso se observa también que la media y la mediana de los resultados obtenidos para todas las empresas se encuentran por debajo del valor indicado en el documento zootécnico. En las granjas de la empresa 5 el nitrógeno contenido en las heces es algo superior al resto de las empresas, sin embargo, sus datos medios se mantienen ligeramente por debajo del valor de referencia.

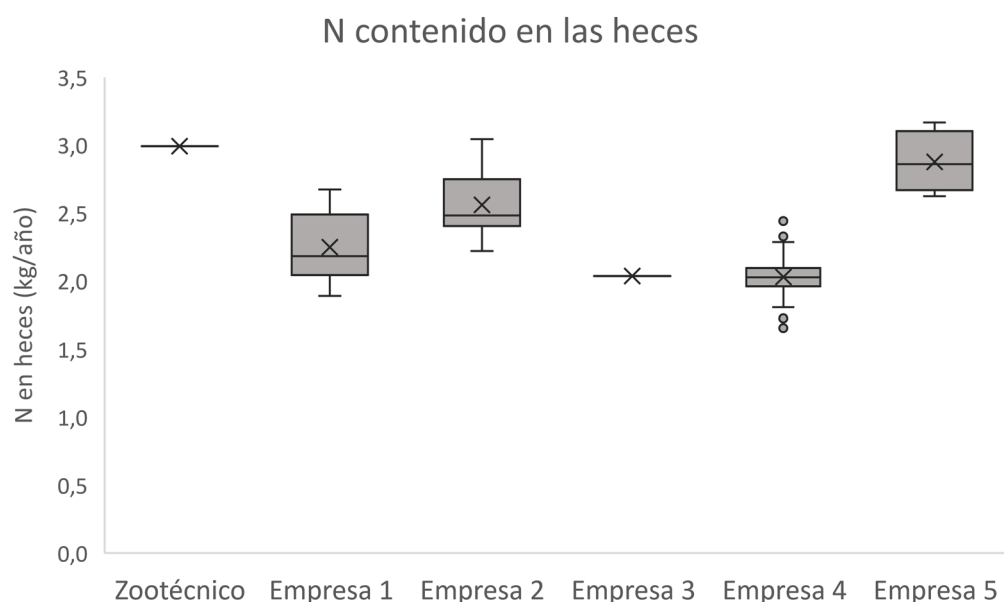


Figura 11. Diagrama de bigotes del nitrógeno contenido en las heces en las granjas de cerdos de cebo estudiadas (kg N/año)

En cuanto al nitrógeno contenido en la orina, los resultados se representan en la Figura 3. En este caso se observa que tanto el valor medio, como la mediana, como el rango de valores, se encuentran por debajo del valor de referencia indicado en el documento zootécnico.

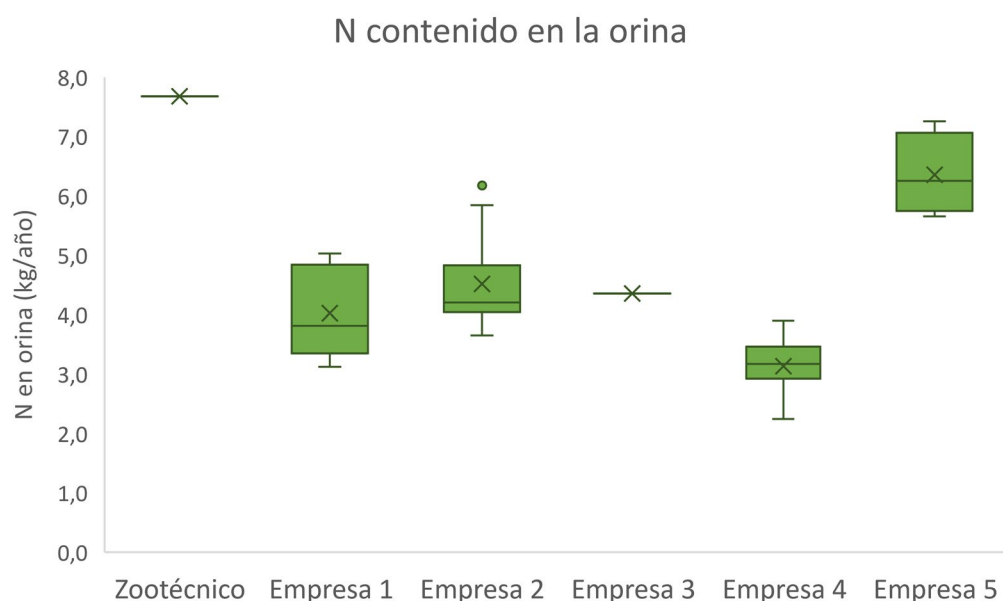


Figura 12. Diagrama de bigotes del nitrógeno contenido en la orina en las granjas de cerdos de cebo estudiadas (kg N/año)

El hecho de que las excretas de nitrógeno en los purines sean inferiores a los valores establecidos como referencia tiene importantes repercusiones para los ganaderos. Por un lado, menores contenidos de nitrógeno en los purines derivan en menores emisiones de gases nitrogenados a la atmósfera. En la Tabla 3 se muestran las emisiones de N-NH₃ (kg N-NH₃/año) producidas en la etapa del alojamiento y del almacenamiento de los purines, así como el porcentaje de reducción respecto a las emisiones de referencia. Estas emisiones de referencia se han calculado introduciendo en el modelo las excretas de nitrógeno propuestas en el documento zootécnico.

Tabla 7. Emisiones de N-NH₃ producidas en las etapas de alojamiento y almacenamiento de los purines de las granjas de cerdos de cebo estudiadas (kg N-NH₃/año)

| | N-NH ₃ alojamiento (kg/año) | N-NH ₃ almacenamiento (kg/año) | Reducción (%) |
|------------------------------|--|---|---------------|
| Doc. Zootécnico (Referencia) | 2,07 | 0,62 | |
| Empresa 1 | 1,09 | 0,33 | 47% |
| Empresa 2 | 1,22 | 0,37 | 41% |
| Empresa 3 | 1,18 | 0,35 | 43% |
| Empresa 4 | 0,85 | 0,25 | 59% |
| Empresa 5 | 1,71 | 0,51 | 17% |

Como se observa en la tabla anterior, las emisiones de N-NH₃ producidas en los purines de estas granjas serían entre un 17% y un 59% inferiores a las producidas con los valores de nitrógeno excretado propuestos en el documento zootécnico. Las implicaciones de esto pueden ser importantes, ya que el R.D. 306/2020 de ordenación de porcino establece que las granjas

existentes de más de 120 UGM deben reducir las emisiones de NH₃ en el alojamiento en un 30% y en el almacenamiento en un 40%. Puesto que estas granjas ya parten de unos niveles de emisiones de NH₃ reducidos, podría plantearse la posibilidad de flexibilizar las medidas que deberían adoptar estas granjas.

Por otro lado, si el contenido de nitrógeno de los purines es menor, los ganaderos que lo utilizan como fuente de fertilizantes podrían aplicar mayores volúmenes de purín a los campos, por lo que pueden dar salida a sus purines con mayor facilidad. Para ello, se ha calculado el nitrógeno que queda en los purines tras las etapas de alojamiento y almacenamiento, en las que se ha perdido nitrógeno en forma de emisiones de NH₃. El nitrógeno que queda en los purines será el que está disponible para ser utilizado como fuente de fertilización orgánica para los cultivos. Estos resultados se recogen en la Tabla 4.

Tabla 8. Nitrógeno disponible para aplicar a campo en los purines de las granjas de cerdos de cebo estudiadas (kg N/año)

| | N disponible para aplicar a campo (kg/año) | Reducción (%) |
|------------------------------|---|---------------|
| Doc. Zootécnico (Referencia) | 5,97 | |
| Empresa 1 | 3,82 | 36% |
| Empresa 2 | 4,32 | 28% |
| Empresa 3 | 3,73 | 38% |
| Empresa 4 | 3,25 | 46% |
| Empresa 5 | 5,35 | 10% |

Se observa en la tabla que la cantidad de nitrógeno disponible para aplicar a campo que queda en los purines es entre un 10% y un 46% inferior a la obtenida con los valores de referencia del documento zootécnico. Las implicaciones de este hecho recaen sobre los objetivos de la Estrategia “De la granja a la mesa”; en la que se pretende reducir un 20% el uso de fertilizantes y un 50% las pérdidas de nutrientes. Si los purines tienen un menor contenido en nitrógeno, se está reduciendo el uso de fertilizantes nitrogenados, del mismo modo que se reducen las pérdidas de nutrientes.

Finalmente, a partir de todos los resultados mostrados anteriormente, se ha calculado un valor medio del contenido de **nitrógeno excretado en los purines**, obteniendo un valor de **6,82 ± 1,51 kg N/año**. Este valor, que es un 36% inferior al propuesto por defecto en el documento zootécnico, podría considerarse representativo de las granjas de cerdos de cebo de la Comunidad Valenciana.

4. Resultados particulares de la empresa: Empresa X

En este apartado se muestran los resultados obtenidos para la Empresa X. La información aquí mostrada es confidencial, por lo que la UPV la comparte únicamente con la empresa X.

Los cálculos se han realizado con los datos suministrados por la empresa, correspondientes a 10 granjas de la Comunidad Valenciana. La nomenclatura para identificar las granjas ha sido la siguiente:

Tabla 9. Códigos para la identificación de las granjas estudiadas

| Código granja | Municipio |
|---------------|-----------|
| Granja 1 | XXX |
| Granja 2 | XXX |
| Granja 3 | XXX |
| Granja 4 | XXX |
| Granja 5 | XXX |
| Granja 6 | XXX |
| Granja 7 | XXX |
| Granja 8 | XXX |
| Granja 9 | XXX |
| Granja 10 | XXX |

En la Figura 4 se ha representado las excretas de nitrógeno obtenidas tras aplicar la metodología de cálculo, así como los porcentajes de reducción que suponen estos valores con respecto a la referencia del documento zootécnico. Los valores del nitrógeno excretado se han representado mediante una cruz en la gráfica, mientras que las reducciones se han representado en forma de barra.

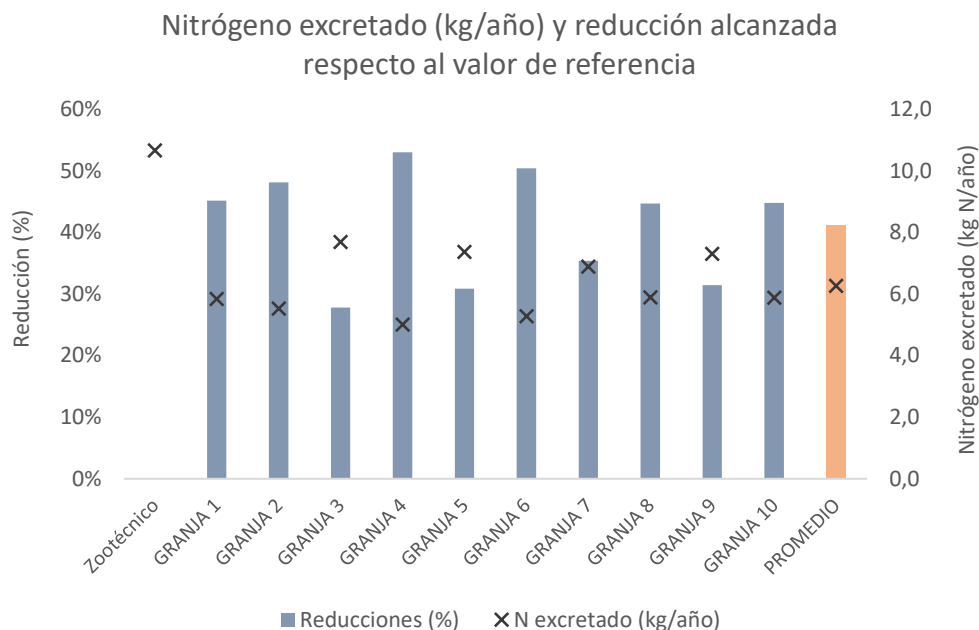


Figura 13. Nitrógeno excretado (kg/año) y porcentajes de reducción alcanzados en las granjas de cerdos de cebo estudiadas de la empresa X

Se observa que los valores de nitrógeno excretado en los purines son notablemente inferiores al valor establecido como referencia, que es el calculado en el documento zootécnico. Los valores obtenidos oscilan entre 5,01 y 7,70 kg N/año, suponiendo una reducción de entre el 28% y el 53% respecto al valor del documento zootécnico. El dato medio obtenido es de $6,27 \pm 0,96$ kg N/año, siendo un 41% inferior al considerado como referencia.

El hecho de que en este trabajo se hayan obtenido valores más bajos que en el documento zootécnico se debe a que los periodos productivos son más cortos, y el contenido de PB de los piensos y la ingesta diaria de materia seca son inferiores a los considerados en dicho documento.

Los resultados del nitrógeno contenido en las heces también son en todos los casos inferiores al establecido en el documento zootécnico. En este caso, tal y como se observa en la Figura 5, los valores de nitrógeno contenido en heces oscilan entre 1,89 y 2,67, siendo el valor establecido en el documento zootécnico de 2,99 kg N/año. Esto supone una reducción de entre el 11% y el 37% con respecto al valor de referencia. El valor medio obtenido de los datos analizados de esta empresa es de $2,25 \pm 0,26$ kg N/año, siendo un 25% inferior al considerado como referencia.

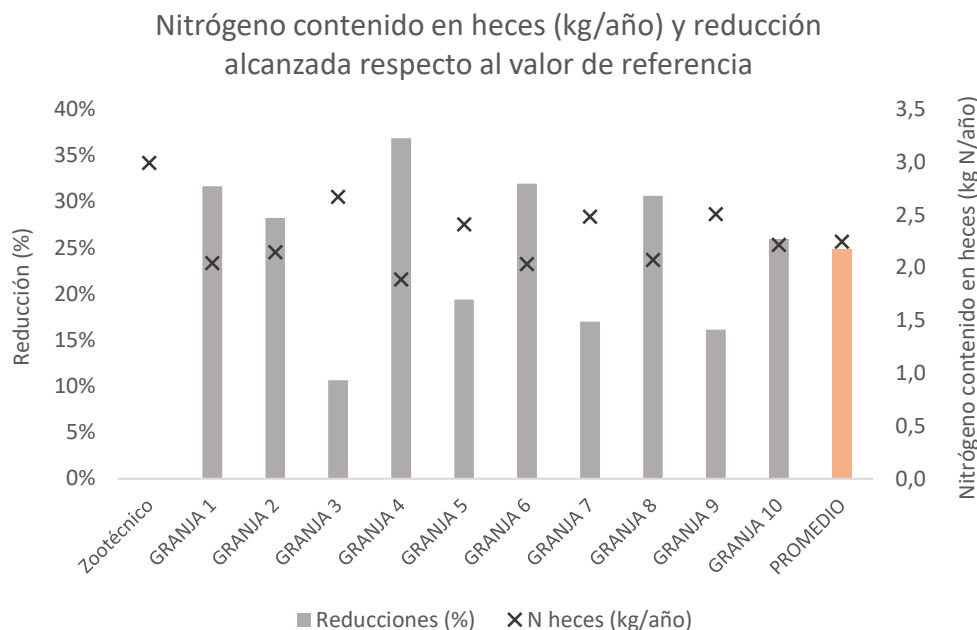


Figura 14. Nitrógeno contenido en heces (kg/año) y porcentajes de reducción alcanzados en las granjas de cerdos de cebo estudiadas de la empresa X

En el caso del nitrógeno en la orina (Figura 6), se observan unos valores notablemente inferiores a los del documento zootécnico, oscilando entre 3,12 y 5,03 kg N/año. El valor de referencia obtenido en el documento zootécnico es de 7,67 kg N/año, lo que supone que esta empresa consigue reducir este valor entre un 35% y un 59%. El dato medio obtenido es de $4,02 \pm 0,72$ kg N/año, un 48% inferior al valor de referencia.

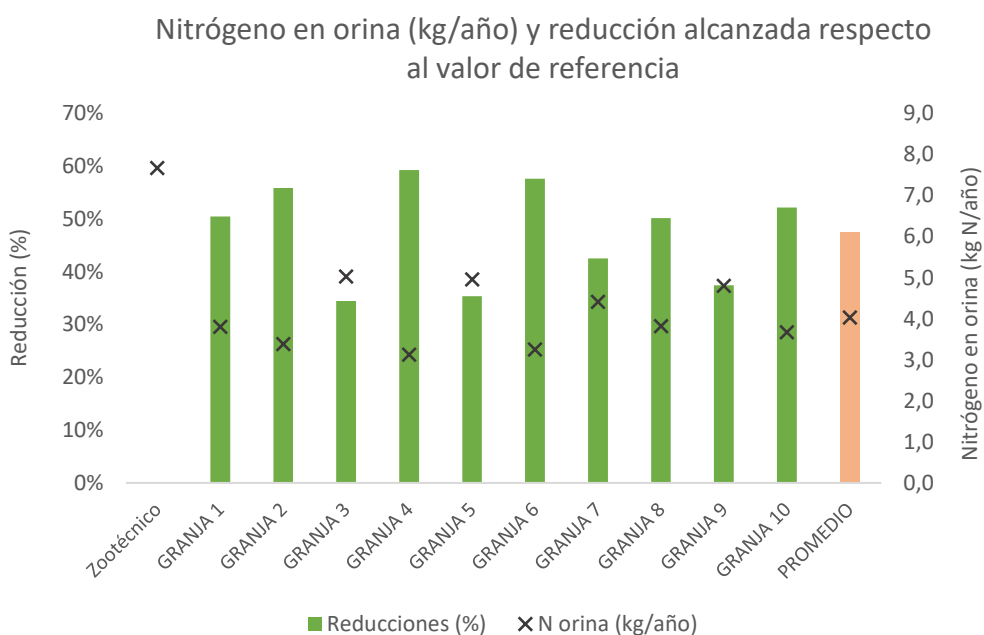


Figura 15. Nitrógeno contenido en la orina (kg/año) y porcentajes de reducción alcanzados en las granjas de cerdos de cebo estudiadas de la empresa X

Como se ha comentado anteriormente, si la cantidad de nitrógeno amoniacal que hay en los purines es inferior a los valores tomados como referencia, también lo serán las emisiones de NH₃. Así pues, en la Tabla 6 se han resumido los valores obtenidos, tanto en la etapa de alojamiento como de almacenamiento del purín, así como la reducción que supone con respecto a la referencia. Al calcular las emisiones producidas tomando como valor el nitrógeno excretado indicado en el documento zootécnico, se obtienen unas emisiones de 2,07 y 0,62 kg N-NH₃/año, en el alojamiento y el almacenamiento, respectivamente. Los datos analizados de la empresa indican que, de media, las emisiones de NH₃ producidas en el alojamiento son de 1,09 ± 0,19 kg N-NH₃/año, y las producidas en el almacenamiento, de 0,33 ± 0,06 kg N-NH₃/año, lo que supone una reducción del 48% respecto al valor del zootécnico.

Tabla 10. Emisiones de N-NH₃ producidas en las etapas de alojamiento y almacenamiento de los purines de las granjas de cerdos de cebo estudiadas de la empresa X (kg N-NH₃/año)

| | N-NH ₃ alojamiento (kg/año) | N-NH ₃ almacenamiento (kg/año) | Reducción (%) |
|------------------------------|--|---|---------------|
| Doc. Zootécnico (Referencia) | 2,07 | 0,62 | |
| Granja 1 | 1,03 | 0,31 | 50% |
| Granja 2 | 0,91 | 0,27 | 56% |
| Granja 3 | 1,36 | 0,41 | 35% |
| Granja 4 | 0,84 | 0,25 | 59% |
| Granja 5 | 1,34 | 0,40 | 35% |
| Granja 6 | 0,88 | 0,26 | 58% |
| Granja 7 | 1,19 | 0,36 | 43% |
| Granja 8 | 1,03 | 0,31 | 50% |
| Granja 9 | 1,30 | 0,39 | 37% |
| Granja 10 | 0,99 | 0,30 | 52% |
| Promedio | 1,09 ± 0,19 | 0,33 ± 0,06 | 48% |

Finalmente, se ha calculado el nitrógeno que queda disponible en los purines, tras descontar las pérdidas de nitrógeno en las emisiones, para ser utilizado como fuente de fertilizante orgánico (Tabla 7). Utilizando como input en el modelo las excretas de nitrógeno del documento zootécnico, se obtiene un valor de 5,97 kg/año de N disponible en los purines para su aplicación a campo, mientras que con los datos de esta empresa se obtiene un valor medio de 3,82 ± 0,52 kg N/año. Este valor es un 36% inferior al obtenido con el documento zootécnico, lo que implica que los agricultores que utilicen estos purines pueden aplicar mayores volúmenes por unidad de superficie de terreno para una misma dosis de nitrógeno.

Tabla 11. Nitrógeno disponible para aplicar a campo en los purines de las granjas de cerdos de cebo estudiadas de la empresa X (kg N/año)

| | N disponible para aplicar a campo (kg/año) | Reducción (%) |
|------------------------------|---|---------------|
| Doc. Zootécnico (Referencia) | 5,97 | |

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| Granja 1 | 3,52 | 41% |
| Granja 2 | 3,47 | 42% |
| Granja 3 | 4,63 | 23% |
| Granja 4 | 3,11 | 48% |
| Granja 5 | 4,34 | 27% |
| Granja 6 | 3,30 | 45% |
| Granja 7 | 4,20 | 30% |
| Granja 8 | 3,56 | 40% |
| Granja 9 | 4,38 | 27% |
| Granja 10 | 3,65 | 39% |
| Promedio | $3,82 \pm 0,52$ | 36% |

5. Conclusiones

A partir de lo expuesto en los anteriores apartados, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- En las granjas porcinas de cebo de la Comunidad Valenciana se lleva a cabo una alimentación por fases, utilizando piensos con contenidos de proteína bruta muy ajustados a las necesidades nutritivas de los animales en cada etapa del ciclo.
- Las excretas de nitrógeno obtenidas son notablemente inferiores al valor del documento zootécnico, considerado como referencia en este trabajo. Concretamente, el contenido medio de nitrógeno excretado en las granjas de las distintas empresas estudiadas es entre un 13% y un 52% inferior al valor de referencia.
- El nitrógeno excretado en las heces de las granjas estudiadas es entre un 4% y un 32% inferior al valor de referencia, y el nitrógeno contenido en la orina, entre un 17% y un 59% inferior al valor de referencia.
- Como consecuencia de los menores contenidos de nitrógeno en los purines, las emisiones de N-NH₃ también serán inferiores al valor de referencia. En concreto, los valores medios de estas emisiones se ven reducidos entre un 17% y un 59%.
- Tras el almacenamiento de los purines, el nitrógeno que queda en los purines será el que esté disponible para ser utilizado como fuente de fertilización orgánica para los cultivos. En los purines estudiados, esta cantidad es entre un 10% y un 46% inferior al valor de referencia.
- El valor medio del contenido de nitrógeno excretado en los purines analizados es de $6,82 \pm 1,51$ kg N/año. Este valor, que es un 36% inferior al propuesto por defecto en el documento zootécnico, podría considerarse representativo de las granjas de cerdos de cebo de la Comunidad Valenciana.

6. Bibliografía

Babot, D. (2017). Porcino blanco. Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y fósforo. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

EMEP/EEA (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019. European Environment Agency.

ANEJO I. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE ALIMENTARIO

A continuación se describe la metodología utilizada para el cálculo del balance alimentario, siguiendo el documento zootécnico (Babot, 2017).

Cálculo de las necesidades de energía

Para el cálculo de las necesidades de energía se empieza calculando las **necesidades diarias de energía no productiva**: energía metabolizable para mantenimiento y energía metabolizable para termorregulación.

La energía metabolizable para mantenimiento (EM_{mant}) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM_{mant} \left(\frac{kcal}{día} \right) = Coef_m \times W_j^\alpha$$

Donde:

$Coef_m$ = Coeficiente de mantenimiento. En el caso de cerdos de cebo es de 206 kcal/kg-día

W_j = Peso medio de la categoría (kg)

α = Coeficiente de peso metabólico. En el caso de cerdos de cebo es de 0,60

Para estimar la energía de termorregulación (EM_{termor}) en animales de cebo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$EM_{termor} \left(\frac{kcal}{día} \right) = 16,35 + 0,88 \times T_{def} \times W_j$$

Donde:

T_{def} = Diferencia entre el límite óptimo de temperatura y la temperatura ambiente

W_j = Peso medio de la categoría (kg)

Los gastos de termorregulación, tal y como indican en la metodología, pueden despreciarse, por lo que puede asumirse para los cerdos de cebo un valor de EM_{termor} de 16,35 kcal/día.

A continuación se calculan las **necesidades diarias de energía productiva**: energía metabolizable para el crecimiento (para la acumulación de grasa y para la síntesis de proteína); energía metabolizable para la gestación (energía atribuible al crecimiento del feto y envolturas, ganancia de peso de la ubre y necesidad de energía para la ganancia de reservas).

La energía metabolizable para la acumulación de grasa se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM_{ganancia\ grasa} \left(\frac{kcal}{día} \right) = 12,8 \times Frac_{grasa} \times GMD$$

Donde:

$Frac_{grasa}$ = Fracción de grasa en cada kg de incremento de peso (tanto por uno). En el caso de los cerdos de cebo es de 0,266, excepto para los cerdos > 110 kg, que es de 0,30.

GMD = Ganancia media diaria (g/día)

Para el cálculo de la energía metabolizable para la síntesis de proteína se utiliza la siguiente ecuación:

$$EM_{\text{ganancia proteína}} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{día}} \right) = 12,1 \times \text{Frac}_{\text{proteína}} \times \text{GMD}$$

Donde:

$\text{Frac}_{\text{proteína}}$ = Fracción de proteína en cada kg de incremento de peso (tanto por uno). En el caso de los cerdos de cebo es de 0,153.

GMD = Ganancia media diaria (g/día)

La energía metabolizable necesaria para la gestación no se ha tenido en cuenta en este trabajo, puesto que el balance se ha realizado únicamente para los cerdos de cebo.

Por lo tanto, la energía metabolizable total necesaria para cerdos de cebo se calcula de la siguiente manera:

$$EM_{\text{total}} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{día}} \right) = EM_{\text{mant}} + EM_{\text{termor}} + EM_{\text{ganancia grasa}} + EM_{\text{ganancia proteína}}$$

Para calcular las necesidades anuales de energía metabolizable de los animales, simplemente habrá que multiplicar las necesidades diarias totales (EM_{total}) por 365 días anuales.

Cálculo de las necesidades de proteína

En este apartado se calculan las necesidades de lisina para el mantenimiento y el crecimiento de los cerdos de cebo.

Así, para el cálculo de las necesidades de lisina para el mantenimiento en cerdos en crecimiento se utiliza la siguiente ecuación:

$$Lis_{\text{Necesaria mant}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right) = 35,55 \times 10^{-6} \times W_j^\alpha \times 365/0,87$$

Donde:

W_j = Peso medio de la categoría (kg)

α = Coeficiente de peso metabólico. En el caso de cerdos de cebo es de 0,60

Por su parte, las necesidades de lisina para el crecimiento se calculan aplicando la siguiente ecuación:

$$Lis_{\text{Necesaria crec}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right) = \frac{0,07 \times (N_{\text{Ret.Crec}} \times 6,25)}{Ef_p}$$

Donde:

$N_{\text{Ret.Crec.}} \times 6,25$ = PB retenida anualmente en el crecimiento de la categoría. El cálculo del $N_{\text{Ret.Crec.}}$ se detalla más adelante en el documento.

Ef_p = Eficiencia de utilización de la proteína del pienso. Es la relación entre la lisina contenida en la PB del pienso y la lisina de la PB depositada (tanto por uno). Según el documento del

Babot (2017), los valores para las distintas categorías de cerdos de cebo se encuentran entre 0,433 y 0,469.

Las necesidades totales de lisina, serán, por lo tanto:

$$Lis_{necesaria} \left(\frac{kcal}{año} \right) = Lis_{Necesaria\ mant} + Lis_{Necesaria\ crec}$$

Características de la ración: tipo, energías, proteína bruta y digestibilidad de las raciones

Las características de los alimentos que componen la ración que intervienen en los cálculos del balance alimentario son los siguientes:

- MS (%): Materia seca en porcentaje
- ED: Energía digestible (kcal/kg) que proporciona cada componente de la ración
- EM: Energía metabolizable (kcal/kg) que proporciona cada componente de la ración
- EN: Energía neta (kcal/kg) que proporciona cada componente de la ración
- EB: Energía bruta (kcal/kg) que proporciona cada componente de la ración
- PB: Proteína bruta (en porcentaje) de cada componente de la ración
- DPB: Digestibilidad aparente de la proteína bruta (en porcentaje) de cada componente de la ración
- Lis_{PB}: Contenido en lisina de la PB (en porcentaje sobre la PB) de cada componente de la ración
- Lis: Contenido en lisina de la materia seca de cada componente de la ración
- Efp: Eficiencia de utilización de la proteína. Es la proporción de proteína de los alimentos que puede ser utilizada para la síntesis de los tejidos
- DE: Digestibilidad de la energía (en porcentaje ED/EB) de cada componente de la ración
- D_{MS}: Digestibilidad de la materia seca (equivalente a DE)

A partir de estos parámetros, conociendo la materia seca de la ración, se establecerán los parámetros de la ración.

El documento zootécnico establece unas dietas tipo, y obtiene valores para todos estos parámetros que pueden ser utilizados en caso de no disponer de valores propios. En este trabajo, las empresas de Progaporc CV han podido suministrar algunos de estos parámetros, como por ejemplo, la MS, la PB, EN y EB. Para el resto de parámetros se han utilizado los que proporciona el documento zootécnico.

Cálculo de la ingesta de materia seca

Para calcular la ingesta de materia seca necesaria, el documento zootécnico propone dividir las necesidades energéticas totales de los animales entre el aporte energético del alimento. Las necesidades energéticas totales de los animales (EM_{total}) se han calculado anteriormente en el apartado de "Cálculo de las necesidades de energía". En cuanto al aporte energético de los alimentos, el documento zootécnico establece unas raciones tipo que pueden ser utilizadas como referencia. Con esta información, se aplica la siguiente ecuación:

$$MS_{ingerida} \left(\frac{kg}{día} \right) = \frac{EM_{Total} \left(\frac{kcal}{día} \right)}{EM_{Ración} \left(\frac{kcal}{kg} \right)}$$

Donde:

EM_{Total} = Energía metabolizable total necesaria (kcal/día)

$EM_{Ración}$ = Energía metabolizable de la ración (kcal/kg)

Sin embargo, en este trabajo no se ha utilizado esta ecuación para obtener la ingesta de materia seca, sino que se ha utilizado la información suministrada por las empresas de Progaporc CV para obtener este dato con mayor exactitud. De este modo, conociendo la materia seca de los piensos y la cantidad de cada pienso que comen los animales, el periodo productivo y el número de animales, se ha podido extraer la cantidad de materia seca que come un animal al día.

Cálculo de la ingesta de energía, proteína bruta, lisina y nitrógeno

Conociendo los contenidos de proteína bruta de la ración, contenido en lisina de la materia seca de la ración y energía metabolizable de la ración, y considerando que el N contenido en la PB es del 16%, se pueden aplicar las siguientes ecuaciones:

$$EM_{ingerida} \left(\frac{kcal}{año} \right) = MS_{ingerida} \left(\frac{kg}{año} \right) \times EM_{Ración} \left(\frac{kcal}{kg} \right)$$

$$PB_{ingerida} \left(\frac{kg}{año} \right) = MS_{ingerida} \left(\frac{kg}{año} \right) \times PB_{Ración} (\text{tanto por uno})$$

$$Li_{ingerida} \left(\frac{kg}{año} \right) = MS_{ingerida} \left(\frac{kg}{año} \right) \times Li_{Ración} (\text{tanto por uno})$$

$$N_{ingerido} \left(\frac{kg}{año} \right) = PB_{ingerida} \left(\frac{kg}{año} \right) \times 0,16$$

Donde:

$MS_{ingerida}$ = Ingesta anual de materia seca (kg/año)

$EM_{Ración}$ = Energía metabolizable de la ración (kcal/kg)

$PB_{Ración}$ = Proteína bruta de la ración (tanto por uno)

$Li_{Ración}$ = Contenido en lisina de la materia seca de la ración (tanto por uno)

Cálculo de la retención de nitrógeno

En este apartado se calcula el nitrógeno retenido que no se excreta en heces ni orina, es decir, aquel que se utiliza en la actividad productiva del animal (en el crecimiento, en la gestación y en la lactación).

Para calcular la **retención de nitrógeno en el crecimiento**, se debe calcular primero la proteína bruta retenida en el crecimiento de los animales, utilizando la siguiente ecuación:

$$PB_{Ret. Crec.} \left(\frac{kg}{día} \right) = Frac_{proteína} \times GMD$$

Donde:

$Frac_{proteína}$ = Fracción de proteína en cada kg de peso incremento de peso o, dicho de otro modo, unidad de proteína retenida por incremento de peso, en tanto por uno, y para cada categoría estudiada. En el caso de los cerdos de cebo, este valor es de 0,153

GMD = Ganancia media diaria (kg/día) de cada categoría

Considerando que el N contenido en la proteína es del 16%, la retención de nitrógeno en el crecimiento será:

$$N_{Ret. Crec.} \left(\frac{kg}{año} \right) = 0,16 \times PB_{Ret. Crec.} \times 365$$

Puesto que en este trabajo solo se ha realizado el balance alimentario para los animales en crecimiento, no se ha calculado la retención de nitrógeno en la gestación ni en la lactación.

Cálculo de la excreta de nitrógeno

El nitrógeno excretado es la suma del nitrógeno contenido en la orina y el contenido en las heces sólidas. El nitrógeno contenido en el alimento que no absorbe el animal se elimina en las heces, y el resto, en la orina. De este modo, el nitrógeno excretado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$N_{excretado} \left(\frac{kg}{año} \right) = N_{Ingerido} - N_{Retenido}$$

Donde:

$N_{Ingerido}$ = Nitrógeno ingerido (kg/año) por cada categoría animal

$N_{Retenido}$ = Nitrógeno retenido (kg/año) por cada categoría animal

De este nitrógeno total excretado en los purines, se considera que el nitrógeno contenido en las heces es el siguiente:

$$N_{heces} \left(\frac{kg}{año} \right) = PB_{Ingerida} \times (1 - DPB_{Ración}) \times 0,16$$

Donde:

$PB_{Ingerida}$ = Ingesta de proteína bruta (kg/año)

$DPB_{Ración}$ = Digestibilidad de la PB ingerida, en tanto por uno

Finalmente, por diferencia, se calcula el nitrógeno contenido en la orina utilizando la siguiente ecuación:

$$N_{orina} \left(\frac{kg}{año} \right) = N_{excretado} - N_{heces}$$

Donde:

$N_{excretado}$ = Nitrógeno total excretado (kg/año)

N_{heces} = Nitrógeno excretado contenido en las heces (kg/año)

ANEJO 5.

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE AMONIACO EN EL ALMACENAMIENTO UTILIZANDO DISTINTAS COMBINACIONES DE TÉCNICAS CON ECOGAN

1. Antecedentes y objetivo

El R.D. 306/2020 sobre ordenación de las explotaciones porcinas, establece una serie de exigencias en materia de reducción de emisiones que deben cumplir tanto las granjas de nueva instalación, como las granjas de más de 120 UGM, lo que equivale, según las equivalencias publicadas en el Anexo I, a 1.000 plazas de cerdos de cebo de 20 a 120 kg.

Además, indica que tanto las balsas de nueva construcción como las que se han modificado con el objetivo de ampliar su capacidad, serán consideradas como una nueva instalación a la hora de cumplir con los objetivos de reducción de emisiones.

En este sentido, la construcción de una balsa nueva o cualquier modificación del tamaño o estructura de la misma, 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.

La Guía de las Mejores Técnicas Disponibles publicada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2017), únicamente indica tres opciones que alcanzan estos porcentajes de reducción de emisiones. Estas técnicas son las cubiertas rígidas, las cubiertas flexibles y las bolsas de almacenamiento de purines.

Con el fin de facilitar que los ganaderos puedan alcanzar estos porcentajes de reducción, se plantea la posibilidad de aplicar distintas combinaciones de técnicas de modo que, en conjunto, pudieran alcanzar una reducción de emisiones de amoníaco de un 80%. Para ello, se ha utilizado la aplicación Ecogan, utilizando como referencia las emisiones de una balsa sin cubrir, y calculando la reducción de emisiones al aplicar las distintas técnicas.

2. Resultados observados

Tras comparar las emisiones de amoniaco obtenidas utilizando Ecogan, se han obtenido los porcentajes de reducción de emisiones que se recogen en la siguiente tabla:

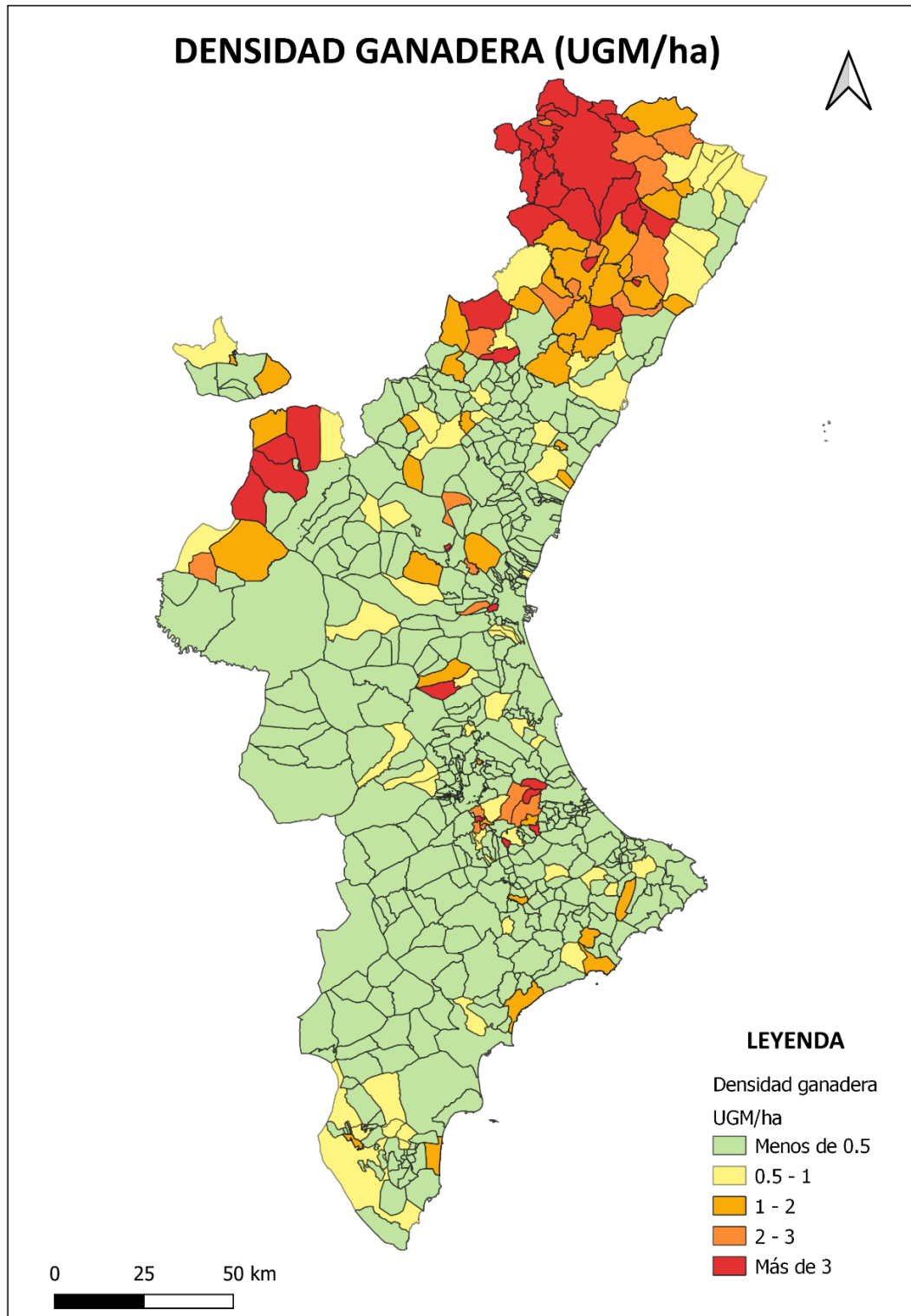
Tabla 1. Reducción de emisiones de amoniaco respecto a la técnica de referencia (balsa sin cubrir)

| Técnica 1 | Técnica 2 | Reducción de emisiones de amoniaco (%) |
|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Costra natural | - | 40% |
| Materiales flotantes no sintéticos | - | 40% |
| Cubierta rígida no flotante | - | 80% |
| Cubierta flexible no flotante | - | 80% |
| Piezas sintéticas flotantes | - | 60% |
| Lámina plástico flexible | - | 60% |
| Acidificación | - | 50% |
| Acidificación | Materiales flotantes no sintéticos | 50% |
| Acidificación | Cubierta rígida no flotante | 80% |
| Acidificación | Cubierta flexible no flotante | 80% |
| Acidificación | Costra natural | 50% |
| Acidificación | Piezas sintéticas flotantes | 60% |

Únicamente se alcanza el **80% de reducción de las emisiones con las cubiertas rígidas no flotantes y con las cubiertas flexibles no flotantes**, independientemente de si se acidifica el purín o no. La combinación de la acidificación con las cubiertas, no aumenta el porcentaje de reducción de emisiones según la aplicación Ecogan.

ANEJO 6.
MAPAS DE DENSIDAD GANADERA EN LA COMUNITAT
VALENCIANA

DENSIDAD GANADERA DE GANADO PORCINO



DENSIDAD GANADERA DE GANADO VACUNO DE CARNE

