



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Incorporación de subproductos orujo de aceituna y bagazo de cerveza en el pienso de cerdos de cebo: Efecto sobre la ingestión, rendimiento productivo y emisiones de gases.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Fajardo Vilorio, Blanca

Tutor/a: Calvet Sanz, Salvador

Cotutor/a: Rosa Gonzalez, Eduardo

Cotutor/a externo: PIQUER MOLINA, LAIA

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA
AGRONÓMICA Y EL MEDIO NATURAL

*TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
DEL MEDIO RURAL*

Incorporación de subproductos orujo de aceituna y bagazo
de cerveza en el pienso de cerdos de cebo: Efecto sobre la
ingestión, rendimiento productivo y emisiones de gases.

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Valencia, noviembre 2022

ALUMNA: Fajardo Vilorio, Blanca

TUTOR: Calvet Sanz, Salvador

COTUTOR: Rosa González, Eduardo

COTUTORA EXTERNA: Piquer Molina, Laia

TÍTULO: Incorporación de subproductos orujo de aceituna y bagazo de cerveza en el pienso de cerdos de cebo: Efecto sobre la ingestión, rendimiento productivo y emisiones de gases.

Valencia, noviembre 2022

Resumen:

La industria porcina tiene un papel relevante para la economía española. Es la principal actividad ganadera y supone alrededor del 15% de la Producción Final Agraria. Este nivel de producción demanda, por un lado, grandes cantidades de piensos compuestos para la alimentación de la cabaña y, genera, por otro lado, grandes volúmenes de purín que pueden impactar en el medio ambiente si no son correctamente gestionados. La alimentación en las explotaciones ganaderas supone entre un 60-80% de los costes de producción, influyendo directamente en el rendimiento productivo y la calidad del producto final. La adquisición de materias primas convencionales para la fabricación de piensos incluyendo el cultivo, procesado y transporte, contribuye a diversos impactos ambientales como la deforestación, la extracción de fósforo del suelo, así como un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y amoníaco, aumentando el impacto medioambiental de los piensos. La implementación de estrategias de alimentación que incluyen subproductos agroindustriales de origen local puede contribuir a mitigar el impacto ambiental mejorando la sostenibilidad económica, social y medioambiental de la producción porcina. Los objetivos de este estudio son dos, por un lado, estudiar los parámetros productivos como la ganancia de peso, el crecimiento diario, la eficiencia de transformación y el engrasamiento y por otro, estudiar la composición del purín, la cantidad generada y las emisiones de amoníaco durante el almacenamiento del purín producido a partir de las dietas con orujo de aceituna y bagazo de cerveza.

Para ello se formularon 3 dietas (T1=control; T2=15% de orujo de aceituna; T3=20% de bagazo de cerveza) para la alimentación de cerdos de cebo desde los 70 a los 120 kilogramos de peso. Se incluyeron en el estudio 120 animales, 40 por tratamiento. En ellos se midieron los parámetros productivos de peso medio inicial y final, la ganancia media diaria, consumo medio diario, índice de conversión, grasa dorsal inicial y final, profundidad de lomo, ganancia media de grasa y de lomo. Y para el ensayo de emisiones del purín, se determinó los parámetros de volumen, pH, materia seca, materia orgánica y emisión de amoníaco.

En los resultados obtenidos se muestra que la inclusión de subproductos no afectó a los rendimientos productivos y no se hallaron diferencias significativas en la ganancia de peso, el crecimiento diario, la eficiencia de transformación y el engrasamiento. Por otra parte, el potencial de emisión del NH_3 se vio reducido en dietas con subproductos respecto al control durante el almacenamiento del purín. Estos subproductos suponen una alternativa interesante a utilizar como estrategia de reducción del impacto ambiental sin repercutir negativamente en el rendimiento de crecimiento de los cerdos. Además, estos resultados demuestran que es posible el uso materias primas alternativas locales, como son los subproductos agroindustriales estudiados en la formulación de dietas para cerdos de engorde, pudiéndose reducir el uso de cereales y soja convencionales. Esto promueve la economía circular de la zona y puede tener un efecto positivo en la sostenibilidad de los piensos.

ALUMNA: Fajardo Vilorio, Blanca

TUTOR: Calvet Sanz, Salvador

COTUTOR: Rosa González, Eduardo

COTUTORA EXTERNA: Piquer Molina, Laia

Palabras clave: Porcino, cebo, pienso, subproductos, orujo de aceituna, bagazo de cerveza, emisiones, amoníaco.

TÍTOL: Incorporació de subproductes pulpa d'oliva i bagàs de cervesa en els pinsos de porcs d'engreix: Efecte sobre la ingestió, rendiment productiu y emissions de gasos.

València, novembre 2022

Resum:

La indústria porcina té un paper rellevant per a l'economia espanyola. És la principal activitat ramadera i suposa al voltant del 15% de la Producció Final Agrària. Aquest nivell de producció requereix, d'una banda, grans quantitats de pinsos compostos per a l'alimentació de la cabanya i, genera, d'altra banda, grans volums de purins que poden impactar en el medi ambient si no són gestionats correctament. L'alimentació en les explotacions ramaderes suposa entre un 60-80% dels costos de producció, influint directament en el rendiment productiu i la qualitat del producte final. L'adquisició de matèries primeres convencionals per a la fabricació de pinsos incloent el cultiu, processament i transport, contribueix a diversos impactes ambientals com la desforestació, l'extracció de fòsfor del sòl, així com un augment de les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle i amoníac, augmentant l'impacte mediambiental dels pinsos. La implementació d'estratègies d'alimentació que inclouen subproductes agroindustrials d'origen local poden contribuir a mitigar l'impacte ambiental millorant la sostenibilitat econòmica, social i mediambiental de la producció porcina. Els objectius d'aquest estudi són dos, d'una banda, estudiar els paràmetres productius com el guany de pes, el creixement diari, l'eficiència de transformació i l'engreixament; d'altra banda, estudiar la composició del purí, la quantitat generada i les emissions d'amoníac durant l'emmagatzematge del purí produït a partir de les dietes amb polpa d'oliva i bagàs de cervesa.

Per a això es van formular 3 dietes (T1=control; T2=15% de pulpa d'oliva; T3=20% de bagàs de cervesa) per a l'alimentació de porcs d'enceball des dels 70 als 120 quilograms de pes. Es van incloure en l'estudi 120 animals, 40 per tractament. En ells es van mesurar els paràmetres productius de pes mig inicial i final, guany mitjà diari, consum mig diari, índex de conversió, greix dorsal inicial i final, profunditat de llom, guany mitjà de greix i de llom. I per a l'assaig d'emissions del purí, es va determinar els paràmetres de volum, pH, matèria seca, matèria orgànica i emissions d'amoníac.

En els resultats obtinguts es mostra que la inclusió de subproductes no afecta als rendiments productius i no es van trobar diferències significatives en el guany de pes, el creixement diari, l'eficiència de transformació i l'engreixament. D'altra banda, el potencial d'emissió de l' NH_3 es va veure reduït en dietes amb subproductes respecte al control durant l'emmagatzematge del purí. Aquests subproductes suposen una alternativa interessant a utilitzar com a estratègia de reducció d'impacte ambiental sense repercutir negativament en el rendiment de creixement dels porcs. A més, aquets resultats demostren que és possible l'ús matèries primeres alternatives locals, com són els subproductes agroindustrials estudiats, en la formulació de dietes per a porcs d'engreixament podent-se reduir l'ús de cereals i soja convencionals. Això promou l'economia circular de la zona i pot tindre un efecte positiu en la sostenibilitat dels pinsos.

ALUMNA: Fajardo Vilorio, Blanca

TUTOR: Calvet Sanz, Salvador

COTUTOR: Rosa González, Eduardo

COTUTORA EXTERNA: Piquer Molina, Laia

Palabras clave: Porcí, engreix, pinso, subproductes, polpa d'oliva, bagàs de cervesa, emissions, amoníac.

TITLE: Incorporating olive and brewery by-products in growing pig feeds: effects on intake, productive performance and gas emissions

Valencia, November 2022

Abstract:

The pork industry plays an important role in the Spanish economy. It is the main livestock activity and accounts for about 15% of the Final Agricultural Production. This level of production requires, on the one hand, large quantities of compound feeds and, on the other hand, generates large volumes of slurry that can have an impact on the environment if not correctly managed. Feeding on livestock farms accounts for 60-80% of production costs, directly influencing production performance and the quality of the final product. The procurement of conventional raw materials for feed manufacturing including cultivation, processing and transportation contributes to various environmental impacts such as deforestation, phosphorus extraction from the soil, as well as an increase in greenhouse gases and ammonia emissions, increasing the environmental impact animal production. Implementing feeding strategies that include locally sourced agro-industrial by-products can contribute to mitigate the environmental impact by improving the economic, social and environmental sustainability of swine production.

The objectives of this study are, on the one hand, to study productive parameters such as weight gain, daily growth, processing efficiency and fattening and; and on the other hand, to study the composition of slurry, the amount generated and ammonia emissions during storage of slurry produced from diets with olive cake and brewer's by-products.

For this purpose, 3 diets (T1=control; T2=15% olive cake; T3=20% brewer's spent grains) were formulated for feeding fattening pigs from 70 to 120 kilograms of weight. A total of 120 animals were included in the study, 40 per treatment. The productive parameters of average initial and final weight, average daily gain, average daily intake, feed conversion rate, initial and final backfat, loin depth, average fat and loin gain were measured. And for slurry, the parameters of volume, pH, dry matter, organic matter and ammonia emissions were determined.

The results obtained show that the inclusion of by-products did not affect production yields, as no significant differences were found in weight gain, daily growth, processing efficiency and fat gain. On the other hand, the NH₃ emission potential was reduced in diets with by-products compared to the control during slurry storage.

As a conclusion we could state that these by-products represent an interesting alternative as a strategy to reduce environmental impact without negatively impacting pig growth performance. In addition, these results suggest that it is possible to use alternative local raw materials, such as agro-industrial by-products studied in the formulation of diets for fattening pigs, thus reducing the use of conventional cereals and soybean meals. This promotes local circular economy and can have a positive impact in feed sustainability.

STUDENT: Fajardo Vilorio, Blanca

TUTOR: Calvet Sanz, Salvador

COTUTOR: Rosa González, Eduardo

EXTERNAL COTUTOR: Piquer Molina, Laia

Keywords: Swine, fattening, feed, by-products, olive cake, brewer's spent grains, emissions, ammonia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutor, Salva Calvet, por confiar en mí y darme la oportunidad de realizar este trabajo.

En especial, a Edu Rosa, por guiarme y prestarme su ayuda en todo momento. A Laia Piquer y Alba Cerisuelo por ofrecerme sus consejos y conocimientos durante todo el proyecto. Gracias por acogerme tan bien en las horas de granja y laboratorio. Sin vosotros, no habría sido lo mismo.

Doy gracias a Josep Sánchez, por hacerme los días más llevaderos, por aguantarme y apoyarme en los buenos y malos momentos.

A mi familia y amigos por confiar siempre en mí y ayudarme a superarme cada día. Os quiero.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	9
1.1	ALIMENTACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN PORCINO	9
1.1.1	IMPORTANCIA DEL SECTOR PORCINO.....	9
1.1.2	ALIMENTACIÓN PORCINA Y SOSTENIBILIDAD.....	9
1.2	SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN ALIMENTACIÓN DE PORCINO.....	10
1.2.1	ORUJO DE ACEITUNA COMO INGREDIENTE DE LA ALIMENTACIÓN PORCINA ...	12
1.2.2	BAGAZO DE CERVEZA COMO INGREDIENTE DE LA ALIMENTACIÓN PORCINA ...	13
1.3	RELACIÓN ENTRE ALIMENTACIÓN, COMPOSICIÓN DEL PURÍN Y EMISIONES	15
1.3.1	IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LA GESTIÓN DE LOS PURINES	15
1.3.2	IMPACTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LAS EMISIONES DE NH ₃ EN PORCINO..	16
2	OBJETIVOS.....	18
3	MATERIAL Y MÉTODOS	19
3.1	UBICACIÓN DEL ESTUDIO E INSTALACIONES.....	19
3.2	ANIMALES Y ALOJAMIENTO	19
3.3	TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES	19
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL Y PARÁMETROS REGISTRADOS	20
3.4.1	CONTROLES INDIVIDUALES DE PESO Y CONSUMO:.....	21
3.4.2	CONTROL DE ESTADO DE ENGRASAMIENTO:	21
3.4.3	ENSAYO DE EMISIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE PURINES.	22
3.5	ANÁLISIS DE MUESTRAS	23
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1	ENSAYO PRODUCTIVO.....	25
4.1.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES Y SUBPRODUCTOS	25
4.1.2	RENDIMIENTO PRODUCTIVO	27
4.2	ENSAYO DE EMISIONES EN ALMACENAMIENTO.....	29
4.2.1	PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PURÍN	29
4.2.2	EMISIONES DE AMONIACO	30
5	CONCLUSIONES	34
6	BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores nutricionales del orujo de aceituna. Fuente: De Blas et al. (2019).	13
Tabla 2. Valores nutricionales del BW. Fuente: De Blas et al. (2019).	14
Tabla 3. Composición de los piensos experimentales.	20
Tabla 4. Composición química de los subproductos utilizados. Todos los valores están expresados sobre materia seca excepto el contenido de materia seca, que está expresado como porcentaje sobre materia fresca.	25
Tabla 5. Composición química de las dietas experimentales. Todos los valores están expresados sobre materia seca excepto el contenido de materia seca, que está expresado como porcentaje sobre materia fresca.....	27
Tabla 6. Efectos de la inclusión de orujo de aceituna (OC) y bagazo de cerveza (BW) en dietas para cerdos de engorde sobre los rendimientos productivos.....	28
Tabla 7. Promedio de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) con respecto a la materia fresca (MF) por tratamiento al inicio del almacenamiento del purín.	29
Tabla 8. Mediciones de pH al inicio y al final del almacenamiento, y diferencia porcentual entre las ellas (Δ).	30
Tabla 9. Análisis descriptivo de la media de NH ₃ producido en los tres tratamientos con una precisión del 95%.	32
Tabla 10. ANOVA de las emisiones de NH ₃ producido para los diferentes tratamientos.	32
Tabla 11. Prueba de subconjuntos homogéneos entre los diferentes tratamientos con NH ₃ producido.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Balance del nitrógeno (N) ingerido por un animal y emisiones de amoniaco (NH ₃) en una granja. Fuente (Calvet et al., 2020).	17
Figura 2. Proceso de emisión de amoniaco (NH ₃), y factores implicados. Fuente (Calvet et al., 2020).....	17
Figura 3. Esquema de las fases del estudio por semanas. Se indican las fechas (día/mes) y la semana de estudio, así como las principales operaciones realizadas.....	21
Figura 4. Distribución de bidones en sala para el ensayo de emisiones. Diseño de cuadro latino.	22
Figura 5. Emisión de NH ₃ , durante las 10 semanas de ensayo, de cada bidón y la media de los tratamientos. Nota: La numeración de las medias corresponde con los tratamientos T1 (bidones 4, 8 y 10; media 1), T2 (bidones 1, 11 y 12; media 2) y T3 (bidones 5, 9 y 13).....	30
Figura 6. Evolución de la emisión acumulada de NH ₃ hasta la semana 10 del ensayo. Nota: La numeración de las medias corresponde con los tratamientos T1 (bidones 4, 8 y 10; media 1), T2 (bidones 1, 11 y 12; media 2) y T3 (bidones 5, 9 y 13; media 3).....	31
Figura 7. Diagrama de cajas de los acumulados medios diarios de NH ₃ (g/día) en los tratamientos 1, 2 y 3 definidos a lo largo de la fase experimental.....	31

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ALIMENTACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN PORCINO

1.1.1 IMPORTANCIA DEL SECTOR PORCINO

La industria porcina tiene un papel relevante para la economía española. Es la principal actividad ganadera (42% de la Producción Final Ganadera) y supone alrededor del 15% de la Producción Final Agraria (MAPA, 2022). La población porcina alcanzó los 34 millones de cerdos en 2021 a nivel nacional. El sector lleva en crecimiento continuado desde hace 20 años, alcanzando tasas de crecimiento interanuales del 5%. Este crecimiento ha contribuido a la actual concentración de las explotaciones en el territorio. Se pueden identificar 3 grandes regiones productoras, Aragón, Cataluña y Castilla y León. La Comunidad Valenciana ocupa el 9º puesto con una población de 1,03 millones de cerdos censados, diferenciándose de las explotaciones de los grandes núcleos productores por su tamaño más modesto (MAPA, 2022).

En la UE-27, España se ha consolidado como el primer productor de carne de porcino con un 22,1% de la producción comunitaria, superando a Alemania en los últimos años (MAPA, 2022). A nivel internacional, España ocupa la tercera posición en producción, sólo por detrás de China y Estados Unidos, siendo también uno de los principales países exportadores de carne de cerdo. En 2021, prosiguió la tendencia alcista de las exportaciones de carne (+3,7%) registrada en años previos, como consecuencia tanto del aumento de las exportaciones a países terceros (+4,5%) como el de las explotaciones intracomunitarias (+2,3%) (MAPA, 2022).

Este nivel de producción demanda, por un lado, grandes cantidades de piensos compuestos para la alimentación de la cabaña y, genera, por otro lado, grandes volúmenes de purín que pueden impactar en el medio ambiente si no son correctamente gestionados. Actualmente, el compromiso del sector en materia ambiental y seguridad alimentaria es firme. Recientemente se ha aprobado el Real Decreto 306/2020, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas. Esta normativa establece requisitos sobre higiene, sanidad animal, bienestar animal y medio ambiente.

El sector aplica innovaciones científico-técnicas en diversas materias que le confieren su carácter competitivo (Maluenda, 2018). Ejemplo de ello, es el manejo de la alimentación, la cual es un factor clave en la cadena de valor de la producción debido a que es la puerta de entrada de nutrientes al sistema productivo. Su formulación puede tener implicaciones en el resto de la cadena productiva, tanto en el rendimiento productivo del animal como en las emisiones derivadas del purín producido.

1.1.2 ALIMENTACIÓN PORCINA Y SOSTENIBILIDAD

La alimentación en las explotaciones ganaderas supone entre un 60-80% de los costes de producción, y además influye directamente en el rendimiento productivo y la salud de los animales, la calidad del producto final y en el impacto ambiental de la ganadería (Cerisuelo & Calvet, 2020).

Las dietas de porcino se formulan de acuerdo con las necesidades nutricionales de los animales, que son publicadas por diferentes organismos especializados en nutrición animal (NSNG, 2010;

NRC, 2012; De Blas et al., 2019; INRAE, 2020; NRC, 2012), de manera que contengan los nutrientes necesarios en las cantidades correctas y equilibradas, considerando la etapa fisiológica, peso, edad, sexo, potencial genético, estado de salud, objetivos productivos y de producto final, así como las limitaciones legales (García-Contreras et al., 2012). Las materias primas convencionales más utilizadas para la fabricación de piensos de porcino son el maíz, el trigo y la cebada como fuente energética mayoritaria, y harina de soja como fuente proteica. También se usan derivados de la soja y aceites vegetales (aceite de soja) como concentrados energéticos. España es el principal importador de materias primas como cereales y oleaginosas (Maluenda, 2018), más de una tercera parte (33,94%) del total importado por la UE-27 de los cereales de países terceros de la UE, en 2021/2022 (López, 2022).

La adquisición de éstas y otras materias primas convencionales para la fabricación de piensos incluyendo el cultivo, procesado y transporte, contribuye a la deforestación (por ejemplo, la harina de soja de determinados orígenes) y la extracción de fósforo (P) del suelo, así como al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aumentando el impacto medioambiental de los piensos (Frohmann, 2015; Wang et al., 2018; MITECO, 2022). La gran superficie de tierra utilizada para la producción de cultivos, la deforestación derivada de la implantación de nuevos cultivos, el aumento constante del precio de las materias primas debido al actual contexto social y político, y la competencia de muchas de ellas con la alimentación humana, cada vez mayor debido al aumento constante de la población, son tres de los principales factores que afectan negativamente a la sostenibilidad de los piensos en producción porcina (Lassaletta et al., 2019).

Por otro lado, la composición de los purines se ve afecta por la composición de los alimentos ingeridos por el animal, entre otros muchos factores entre los que se incluye el sistema de alojamiento, alimentación las prácticas de gestión del estiércol y las condiciones ambientales (Morazán, 2015). Los purines porcinos, sobre todo en su fase de almacenamiento, son responsables de la emisión de GEI y amoníaco (NH₃) a la atmósfera, por lo que es importante diseñar estrategias de alimentación que modifiquen las cantidades y características del purín excretado por lo animales y minimicen su impacto.

En pocas palabras, la implementación de estrategias de alimentación que mejoren la sostenibilidad de los piensos puede ayudar a mitigar el impacto ambiental de la producción intensiva de porcino y aves (Cerisuelo & Calvet, 2020), mejorando la sostenibilidad económica, social y medioambiental de la producción porcina.

1.2 SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN ALIMENTACIÓN DE PORCINO

El actual contexto social, económico y medioambiental está afectando de forma muy profunda a la obtención y utilización de materias primas convencionales para la elaboración de piensos. Esto ha fomentado la búsqueda de alimentos alternativos, más económicos y sostenibles para la alimentación de los animales que pueden reducir la demanda de cereales y leguminosas convencionales, evitar los desechos y promover el reciclaje de nutrientes (Abdulrashid & Nnabuenyi, 2009; Lassaletta et al., 2019).

Reemplazar parte de los cereales utilizados en los alimentos por subproductos agroindustriales locales, como el bagazo de cerveza (BW) o el orujo de aceituna (OC), aumenta la circularidad de

los sistemas alimentarios al reciclar materiales vegetales no comestibles (García-Launay et al., 2018).

Tradicionalmente, los subproductos se han utilizado para la alimentación animal, sobre todo en explotaciones familiares, en las cuales se usaban alimentos sobrantes de productos alimenticios humanos (Pond & Lei, 2001). Sin embargo, la industrialización de la producción porcina, que implica altas tasas de crecimiento, ha hecho que se opte por la fabricación de piensos a partir de materias primas que están muy caracterizadas nutricionalmente.

Actualmente, la industria agroalimentaria a través de sus subproductos ofrece potenciales materias primas alternativas para alimentación animal que, por su condición de subproductos, conllevan una menor carga ambiental asociada. En este sentido, recientes estudios sugieren que la inclusión de subproductos en los piensos puede contribuir a la reducción de la huella de carbono de los productos animales, debido a su carácter local (Del Prado et al., 2013).

Sin embargo, para poder utilizar con seguridad una materia prima en alimentación animal que sea poco conocida o en una especie distinta a la habitual es importante conocer los factores que afectan a su variabilidad, valor nutritivo y grado de aprovechamiento, así como su impacto en el producto final (carne, huevo y leche) mediante ensayos *in vivo* (Zijlstra & Beltranena, 2013).

En España existen subproductos que están disponibles durante todo el año, para los que la información sobre composición, valor nutritivo y límites de inclusión en las raciones es prácticamente escasa. Esta falta de información puede llevar a realizar un mal uso de ellos e incluso a infravalorarlos o desestimarlos por no cumplir expectativas cuando se incluyen en los piensos. Este es el caso de subproductos originados en la industria cervecera y los típicamente mediterráneos como los subproductos del olivar y de los cítricos.

Su composición y la incorporación de sistemas de deshidratación a las industrias que generan estos subproductos hace que su uso resulte cada vez más interesante en monogástricos, especialmente porcino, por su posibilidad de inclusión en los piensos. Además, teniendo en cuenta la importancia del sector porcino español, la utilización de subproductos en la alimentación de esta especie, aunque sea en pequeñas proporciones, promueve su valorización nutricional contribuyendo a la sostenibilidad y rentabilidad del sistema productivo.

Algunos subproductos de la industria alimentaria, como las pulpas derivadas de la extracción de zumos o aceites, pueden ser efectivos como promotores de la fermentación en el intestino grueso. En este sentido, las dietas para cerdos podrían verse beneficiadas con la incorporación de cantidades moderadas de este tipo de insumos, que pueden ser potencialmente utilizados como fuentes de fibra fermentable en dietas para cerdos (Cajarville et al., 2011).

Las principales ventajas que presenta la utilización de subproductos para la alimentación animal son:

- No implican utilizar superficie agrícola específicamente para su producción, como si ocurre en el caso de los cereales.
- Reducción del impacto ambiental asociado a la elaboración de los piensos; menor uso de recursos naturales, fertilizantes, maquinaria para cosecharlos, etc.
- Menores emisiones derivadas del transporte al ser producidos normalmente en industrias agroalimentarias de proximidad.

- Permite incrementar la disponibilidad de alimentos al servicio de los ganaderos.
- Posibilita la disminución de costes.
- Contribuye a reducir la contaminación ambiental que estos residuos podrían generar al ser liberados al medio sin gestión y control.

Concretamente, el OC y el BW son subproductos de composición muy variable y altamente dependiente del residuo empleado, del proceso industrial y del método de conservación (Pernia, 2022).

1.2.1 ORUJO DE ACEITUNA COMO INGREDIENTE DE LA ALIMENTACIÓN PORCINA

España es el productor de aceite de oliva más importante a nivel mundial (FAOSTAT,2022), generando grandes cantidades de subproductos como el OC. Este producto es obtenido del procesado y la transformación de la oliva para la obtención de aceite de oliva, es uno de los subproductos agroindustriales más relevantes en el área mediterránea (Ferrer et al., 2017) y uno de los principales contaminantes de la producción de aceite de oliva. Contiene piel y pulpa, con un rendimiento aproximado de 25-40 kg de OC húmedo por cada 100 kg de aceitunas (después de la eliminación de los huesos y el aceite) (Moubarik et al., 2015). El OC húmedo se acumula en las industrias aceiteras de transformación y puede ser utilizado directamente en alimentación animal, compostaje o biocombustible, entre otros (Casanova-Peláez et al., 2015), pero también se puede llevar a plantas de secado, con el objetivo de disminuir su humedad y facilitar su uso.

El valor energético para el ganado porcino es generalmente bajo (Ferrer et al., 2018) debido al alto contenido en fibra y su nivel de lignificación, y un contenido en grasa variable según el procesado, tipo de aceituna y año (Molina et al., 2003). El valor proteico también es bajo debido a su nivel limitado en proteína y a su baja degradabilidad y digestibilidad intestinal. El contenido en lignina es muy elevado (17%) (Piquer et al., 2021; De Blas et al., 2019). A continuación, se muestran los valores nutricionales del OC (**Tabla 1**) obtenidos por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Estudios previos han demostrado que se puede incluir en dietas de cerdos de engorde hasta el 12% sin afectar a los rendimientos productivos (Ferrer et al., 2020).

Tabla 1. Valores nutricionales del orujo de aceituna. Fuente: De Blas et al. (2019).

VALORES NUTRICIONALES								
COMPOSICIÓN QUÍMICA (MS%)								
Humedad		Cenizas		PB ¹		EE ²		Grasa verd. (%EE)
61,8		4,84		7,5		10		
FB	FND	FAD	LAD	Almidón	Azúcares.	CNF		
32,8	55,4	44,6	17,1	32,8	4,27	22,8		
Ácidos grasos	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{≥20}	
% Grasa verd.	12,6	1,1	2,8	68,3	13,4	1,2	1,6	
% Alimento	1,26	0,11	0,28	6,83	1,34	0,12	0,16	
¹ Proteína bruta. ² Extracto etéreo.								
Macrominerales (%MS)								
Ca				P				
0,29				0,24				
VALOR ENERGÉTICO (Mcal/kg MS)								
EM	ENI	UFI	UFc	EM ³	ENm	ENc		
2,15	1,35	0,59	0,5	2,09	1,23	0,67		
¹ EM y ENI a ingestión 3 veces el mantenimiento según NRC (2001); ² Según INRA (1988); ³ Según NRC (2016).								

1.2.2 BAGAZO DE CERVEZA COMO INGREDIENTE DE LA ALIMENTACIÓN PORCINA

España es el tercer productor de cerveza de la UE (EUROSTAT, 2022). El principal subproducto de esta industria es el BW, representando el 85% de los residuos producidos en el proceso de elaboración de la cerveza (Mussatto et al., 2006). En su forma natural es una pasta húmeda que resulta del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación de los granos de cereales (cebada, maíz, arroz, sorgo, ...) malteados.

El BW no es estacional, en mayor o menor cantidad está disponible durante todo el año, con subidas de producción en verano. Es un subproducto con un alto valor nutricional y bajo coste, es rico en proteína, fibra y energía. Su contenido en grasa depende del origen del cereal y su contenido en energía metabolizable (EM) es bajo a causa del tratamiento térmico recibido. Se han encontrado polifenoles y arabinoxilanos, con propiedades antioxidantes naturales, efectos prebióticos e inmunitarios, incrementando su interés como ingrediente con potencial para mejorar la salud intestinal de los animales (Cerisuelo & Bacha, 2021).

A continuación, se muestran los valores nutricionales del BW en seco (**Tabla 2**) obtenidos por FEDNA.

Tabla 2. Valores nutricionales del BW. Fuente: De Blas et al. (2019).

VALORES NUTRICIONALES

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)						
Humedad	Cenizas	PB	EE	Grasa verd. (%EE)		
8,5	3,6	24,3	7,2	45		
Σ=98.3	FB	FND	FAD	LAD	Almidón	Azúcares
	14	48,9	20,5	4,2	5	0,8
Ácidos grasos	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}
% Grasa verd.	1,2	22,2	1,5	12	55,4	5,6
% Alimento	0,04	0,72	0,05	0,39	1,79	0,18

Macrominerales (%)

Ca	P	Pfítico	Pdisp.	Pdig. Porc
0,3	0,44	0,26	0,18	0,15
Na	Cl	Mg	K	S
0,05	0,1	0,2	0,38	0,26

Microminerales y vitaminas (mg/Kg)

Cu	Fe	Mn	Zn	Vit. E	Biotina	Colina
8	113	35	92	30	0,3	1650

VALOR ENERGÉTICO (kcal/kg)

Porcino en crecimiento			En Cerdas
ED	EM	EN	
2410	2230	1440	1550

VALOR PROTEICO

Coeficiente de digestibilidad de la proteína (%)	Porcino	70
--	---------	----

AAs	PORCINO					
	Composición		DIA ¹		DIS ²	
	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)	(%PB)	(%)
Lys	3,18	0,77	75	0,58	80	0,62
Met	1,77	0,43	85	0,37	88	0,38
Met + Cys	3,66	0,89	80	0,71	84	0,75
Tre	3,29	0,8	75	0,6	80	0,64
Trp	1,18	0,29	78	0,22	80	0,23
Ile	3,98	0,97	83	0,8	87	0,84
Val	5,03	1,22	81	0,99	84	1,03
Arg	4,45	1,08	90	0,97	93	1,01

¹Digestibilidad ileal aparente; ²Digestibilidad ileal estandarizada

1.3 RELACIÓN ENTRE ALIMENTACIÓN, COMPOSICIÓN DEL PURÍN Y EMISIONES

1.3.1 IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LA GESTIÓN DE LOS PURINES

La producción porcina contribuye a la emisión de gases a la atmósfera a lo largo de su cadena productiva. Los principales gases son, los GEI como dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) y, otros gases contaminantes como el NH₃. Las emisiones pueden ser directas, generadas en la propia granja como consecuencia a la gestión de purines, o indirectas, generadas por los procesos necesarios para satisfacer la producción (fabricación de piensos, transporte de animales y materias primas, electricidad, gasoil, etc.). Dentro de las indirectas, la producción de piensos es el proceso que más contribuye a la emisión de GEI (McAuliffe et al., 2016).

La alimentación es la puerta de entrada al sistema animal de los nutrientes que serán excretados, por tanto, su composición juega un papel clave en la mitigación de las emisiones. Actualmente existen diversas iniciativas/proyectos, como el presente trabajo, que estudian la introducción de subproductos agroindustriales en los piensos y así contribuir a la circularidad y a la conversión de residuos de otros sectores en recursos aprovechables, siguiendo así el modelo de la economía circular.

Por otra parte, las emisiones directas provocadas en la gestión de los purines pueden tener grandes impactos en el medio si estos no se gestionan de forma correcta. Según lo indicado en el RD 306/2020 y considerando los más de 30 millones de cabezas de cerdos, se estima que se generen en España aproximadamente 50 millones de metros cúbicos de purín anual. El informe del Sistema Español de Inventario de Emisiones (2022) indica que casi el 43% de las emisiones de NH₃ surgen de la actividad ganadera (estimadas en 206 kilotoneladas). De estas, un 37% proviene del sector porcino (77,4 kilotoneladas). En cuanto a los GEI, la ganadería tiene un peso del 9,1% de las emisiones en kt CO₂ equivalente totales a nivel nacional, atribuyéndose al ganado porcino un 21% de dichas emisiones en kt CO₂ eq procedentes de la ganadería (SEI, 2022).

Además de las emisiones a la atmósfera, la gestión de purines tiene una incidencia directa en los impactos sobre el medio ambiente, que variarán en función, tanto de sus características intrínsecas como de las medidas de mitigación adoptadas en el manejo de los mismos (MARM, 2010).

La forma habitual de gestión de estas deyecciones es la aplicación a campo como abono fertilizante. El purín, tiene beneficios agronómicos y es un recurso aprovechable para la fertilización de cultivos. Según el Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, la aplicación de purines debe realizarse acorde a indicaciones agronómicas que establecen la dosis y los momentos adecuados para cada cultivo (BOE, 2022). La principal preocupación se localiza en zonas de alta producción porcina, ya que la cantidad de purín generado excede a la necesidad de fertilización de los campos cercanos. Si el purín es aplicado por encima de la dosis recomendada, aumenta el riesgo de contaminación al medio, puesto que los nutrientes acaban concentrados en el suelo, pueden llegar a aguas o pasan a la atmósfera.

1.3.2 IMPACTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LAS EMISIONES DE NH₃ EN PORCINO

La excreción de nutrientes y las emisiones de gases del purín están fuertemente vinculadas a la composición y digestibilidad de las dietas, la edad del animal y su metabolismo. Por lo tanto, las materias primas utilizadas para la formulación de piensos repercutirán en el aprovechamiento de los nutrientes.

El NH₃, gas evaluado en este estudio, se relaciona directamente con la proteína bruta (PB) o nitrógeno (N) ingerido. La cantidad de N que el animal emitirá dependerá de la concentración de PB en los piensos y su calidad (Sajeev et al., 2018; Lemme et al., 2019). La digestibilidad de los nutrientes es el factor más importante en cuanto a su aprovechamiento. Proporcionar piensos formulados con materias primas más digestibles implicará disminuir el volumen de excreciones y, por tanto, los contaminantes asociados. La Comisión Europea, en las Conclusiones de Mejores Técnicas Disponibles (DOUE, 2017) propone como estrategia alimentaria para mitigar las emisiones de gases, disminuir el porcentaje de PB en los piensos e incorporar aminoácidos sintéticos y así, reducir la excreción de N.

En cuanto a la fibra, podríamos decir que aumentar su contenido en la dieta tiene un efecto mitigador en las emisiones de NH₃, pero esta relación carece de consistencia (Ferrer et al., 2018). La fibra soluble retrasa el vaciado gástrico favoreciendo la absorción de nutrientes y la digestibilidad de estos que se convertirá en proteína microbiana (Renteria-Flores et al., 2008) aumentando la proporción de N en heces y disminuyendo la cantidad de N excretado por la orina (N ureico) y, por consiguiente, menores emisiones de NH₃ del purín. En cuanto a la fibra insoluble, puede tener un efecto prebiótico en el microbiota intestinal, aunque, disminuye el tiempo de tránsito intestinal y la digestibilidad. Además, algunos autores reportan una reducción del pH de la orina como consecuencia de la inclusión de fibra soluble que favorecería la reducción de las emisiones de NH₃ (Cerisuelo & Calvet, 2020).

Actualmente, los cerdos de engorde retienen alrededor de un 35% del N ingerido, el 65% restante es excretado de forma orgánica por las heces y, principalmente, de forma inorgánica por la orina (MAPAMA, 2017). En los purines el N se encuentra en dos formas; N orgánico (proteínas y aminoácidos no digeridos por el animal y proteína endógena del sistema digestivo) y N inorgánico (urea y N amoniacal principalmente). El N excretado por los cerdos es el resultado del N ingerido menos el N retenido (Petersen et al., 2013). En la siguiente **Figura 1**, podemos ver el balance del N ingerido por un animal (Calvet et al., 2020).

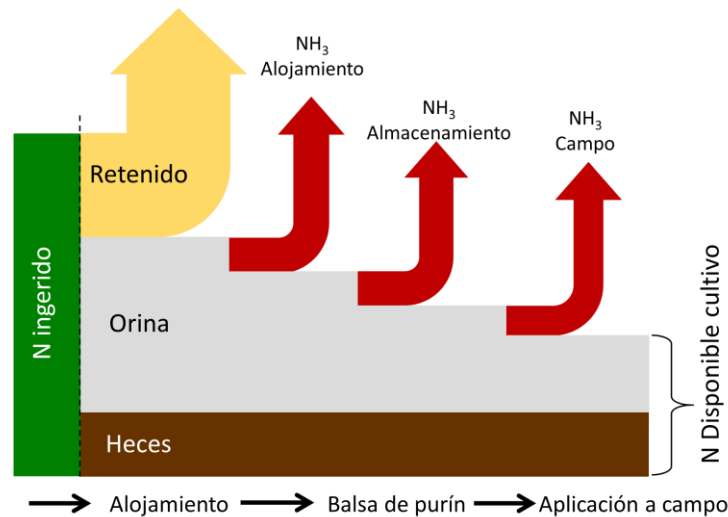


Figura 1. Balance del nitrógeno (N) ingerido por un animal y emisiones de amoníaco (NH_3) en una granja. Fuente (Calvet et al., 2020).

La volatilización NH_3 se produce tanto en la fase de alojamiento, almacenamiento y aplicación a campo del purín. La emisión de este gas y su deposición afecta tanto a la salud de los propios animales alojados como a los ecosistemas naturales, al causar diversos efectos como la formación de material particulado, la alteración de la biodiversidad, la acidificación del suelo, o la eutrofización de las aguas (Antezana et al., 2018).

El NH_3 es un gas que se libera de los procesos de descomposición de la urea excretada en la orina. En ella, es donde se elimina la mayor parte del N excretado por los cerdos. En la **Figura 2** podemos ver como se emite el NH_3 (Calvet et al., 2020).

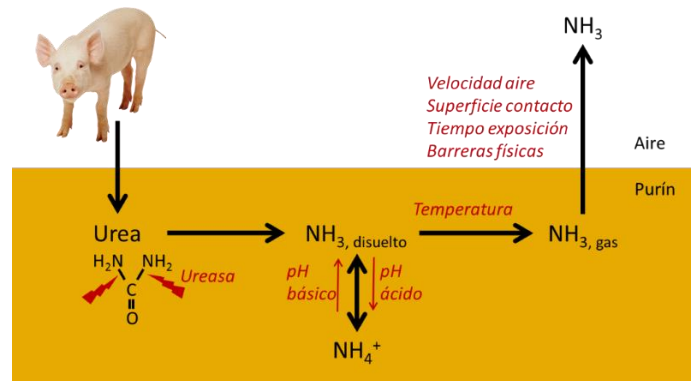


Figura 2. Proceso de emisión de amoníaco (NH_3), y factores implicados. Fuente (Calvet et al., 2020).

2 OBJETIVOS

En este trabajo se evalúa el efecto de la incorporación de subproductos originados en la industria agroalimentaria en la dieta de cerdos de cebo. La incorporación de subproductos a los piensos supone, por una parte, el aprovechamiento de un desecho de la industria agroalimentaria, cuya acumulación en industrias supone un problema de gestión, y en ocasiones, medioambiental. Por otra parte, el remplazo de materias primas convencionales por subproductos locales, como son el OC y el BW, puede tener un impacto económico positivo y reducir la carga ambiental de los piensos.

Por tanto, el objetivo principal de este trabajo es determinar el efecto de la inclusión de OC y BW en la dieta de cerdos de cebo sobre los rendimientos productivos y emisiones de NH_3 del purín. Este objetivo principal se desglosa en dos subobjetivos:

- I. Estudiar los parámetros productivos como el consumo de pienso, la ganancia de peso, el crecimiento diario, la eficiencia de transformación y el engrasamiento.
- II. Estudiar la composición del purín, la cantidad generada y las emisiones de NH_3 durante el almacenamiento del purín producido a partir de las dietas con OC y BW.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se dividió en dos subapartados: por un lado, la prueba productiva y por otro, el ensayo de emisiones de gases en los purines almacenados de los cerdos que previamente estuvieron en la prueba productiva. El trabajo se realiza en el marco del proyecto EFFIPIG: “Utilización de subproductos fibrosos mejorados en piensos de porcino para incrementar la salud intestinal y la sostenibilidad de la producción porcina” (RTI2018-095246-B-C22).

3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO E INSTALACIONES

El estudio productivo tuvo lugar en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología animal (CITA), perteneciente al Instituto Valenciano de Investigaciones agrarias (IVIA), ubicado en el municipio de Segorbe (Castellón). La formulación y fabricación de los piensos se realizó en las instalaciones de Portesa Nutrición Animal ubicado en el término municipal de Cella (provincia de Teruel). Las muestras recogidas de cada uno de los piensos experimentales fabricados se enviaron a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) para comprobar su contenido en energía y proteína. Para terminar la parte productiva del estudio, se transportaron los animales al matadero del Grupo Vall Companys (situado en Cuenca).

La segunda fase del estudio, ensayo de emisiones del purín durante el almacenamiento, se realizó en el laboratorio de simulación medioambiental (LabSia) perteneciente a el Instituto Universitario de la Investigación de Ciencia y Tecnología Animal (ICTA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), situado en Valencia.

3.2 ANIMALES Y ALOJAMIENTO

Para llevar a cabo el estudio se utilizaron 120 cerdos procedentes de una granja comercial de la empresa Agroturia (Grupo Vall Companys, Massalfassar, Valencia). Se dispuso de 125 cerdos macho castrados de $23,0 \pm 3,60$ kg de peso vivo (p.v.) a su llegada, de los que se descartaron 5 por su tamaño y/o alteraciones patológicas. La genética de los cerdos fue Duroc danés x (Landrace x Large White).

El ensayo productivo se realizó en 3 salas de la Unidad de Cebo de porcino del CITA. Los cerdos se distribuyeron según el peso a su llegada en 24 corrales compuestos por 5 animales/corral y al comienzo del periodo experimental se les asignó un tratamiento. La distribución se realizó de manera que el peso medio y la desviación por tratamiento fuera similar. Las dimensiones de los corrales eran de 2,90 x 1,60 m² (0,93 m²/animal) equipados con un comedero tipo “tolva holandesa” y con un bebedero tipo tetina con recuperador de pérdidas (que aportaba agua a voluntad durante toda la prueba experimental). Cada tratamiento tuvo 3 corrales en dos salas y 2 corrales en otra. En las diferentes salas se ajustaron los parámetros de ventilación y temperatura deseados gracias al sistema de control ambiental (Copilot®) y el intervalo de luz: oscuridad fue de 12:12 durante todo el estudio (las luces se mantenían encendidas de 7:00 am hasta las 7:00 pm).

3.3 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

Los animales fueron alimentados con un programa que constó de 3 etapas: cebo 1 (C1; de 10 a 35 kg de p.v.), cebo 2 (C2; de 35 a 70 kg p.v.) y cebo 3 (C3; fase experimental, de 70 a 120 kg p.v.).

Durante el C1 y el C2 todos los grupos fueron alimentados con un pienso de control. En la fase C3 se formularon un total 3 piensos experimentales que fueron ofrecidos a los animales durante 8 semanas: un pienso comercial (T1), un pienso con un 15% de contenido en OC (T2) y un pienso con un 20% de inclusión de BW (T3). La composición de los piensos experimentales esta descrita en la **Tabla 3**. Cada tratamiento experimental se probó en 8 corrales compuestos por 5 animales/corral, lo que resulta en 40 animales por tratamiento.

La alimentación fue ofrecida en todo momento en forma de pellet y *ad libitum*. Siguiendo las recomendaciones normalmente utilizadas para cubrir las necesidades nutritivas de los cerdos de engorde (De Blas et al., 2013). La formulación de los piensos fue pensada para que todos los animales obtuvieran los mismos nutrientes independientemente del tratamiento asignado. Los piensos se formularon en base a cereales y harina de soja.

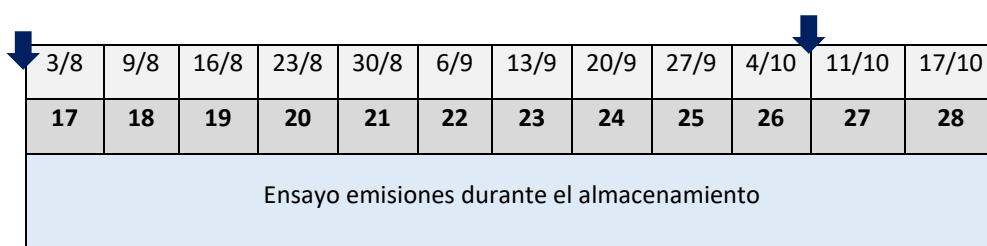
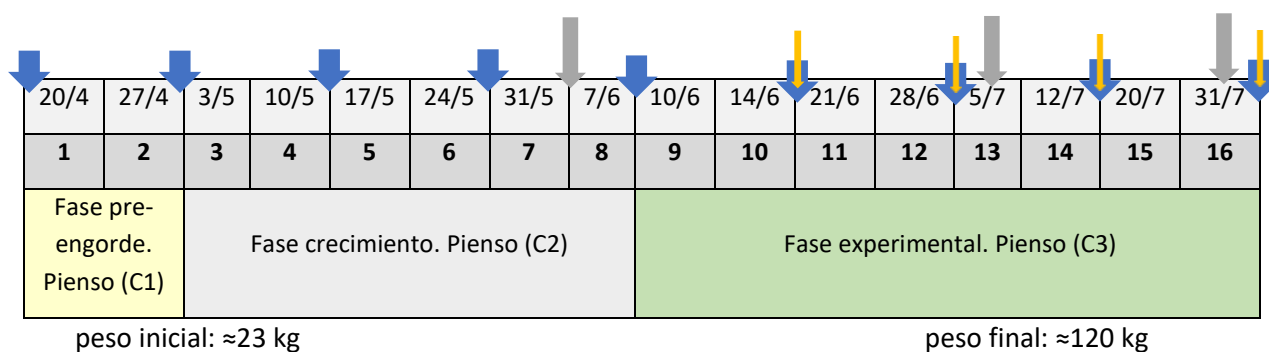
Tabla 3. Composición de los piensos experimentales.

Ingredientes (%)	Fase experimental		
	T1	T2	T3
Maíz	43,2	41,99	40,2
Trigo	22,0	22,0	11,0
Soja 47	15,5	13,4	6,50
Cebada	15,0	0,00	15,0
Orujo oliva, OC	0,00	15,0	0,00
Bagazo cerveza, BW	0,00	0,00	20,0
Tierra de diatomeas	1,00	1,00	1,00
Carbonato cálcico	0,900	0,670	0,780
Lisina 50 líquida	0,510	0,700	0,820
Grasa 3/5	0,500	3,44	3,16
Sal	0,400	0,34	0,37
Corrector vitamínico-mineral	0,400	0,400	0,400
Fosfato 20-5	0,350	0,480	0,400
l-Treonina	0,110	0,190	0,180
Metionina OH	0,110	0,200	0,100
Triptófano 40%	0,030	0,090	0,060
Fitasa líquida	0,010	0,010	0,010
l-valina 40%	0,00	0,180	0,040

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y PARÁMETROS REGISTRADOS

En la **Figura 3** se detallan las fases del estudio y los muestreos durante todo el periodo experimental. El estudio tuvo una duración total de 28 semanas (entre el 20 de abril y el 11 de octubre de 2022). De este período experimental, los animales permanecieron en las granjas experimentales del CITA durante 16 semanas y en las 10 semanas posteriores se realizó en la UPV el ensayo de emisiones de NH₃ durante el almacenamiento del purín. Durante las dos semanas posteriores se procedió al tratamiento de los datos. Durante el periodo de estudio, se

realizaron controles de peso, mediciones de la grasa dorsal (GD) y profundidad del lomo (PL) y mediciones del volumen generado en las fosas.



3 tratamientos: pienso control (T1), 15% OC (T2), 20% BW (T3).

120 animales: 24 corrales * 5 animales/corral, 8 corrales/tratamiento

- Controles individuales de peso y consumo
- Medición del espesor de grasa dorsal y profundidad de lomo (ecógrafo)
- Medición volumen purín en fosa
- Muestreo de purines (bidones)

Figura 3. Esquema de las fases del estudio por semanas. Se indican las fechas (día/mes) y la semana de estudio, así como las principales operaciones realizadas.

3.4.1 CONTROLES INDIVIDUALES DE PESO Y CONSUMO:

El peso de los animales se controló cada 14 días desde su llegada a las instalaciones del CITA. Los kg de pienso suministrados a cada corral se registraron cada vez que se añadía pienso. Además, aprovechando el control de peso de los animales, quincenalmente se pesó el pienso sobrante de las tolvas para calcular el consumo de pienso de cada corral.

3.4.2 CONTROL DE ESTADO DE ENGRASAMIENTO:

Al principio y final de la fase experimental (C3) se midió el espesor de GD y la PL a nivel del punto P2 (última costilla; entre 4 y 7 cm de la línea media), con un equipo de ultrasonidos modo B (Agroscan A16, Angoulême, France). Las medidas realizadas por animal son dos, a ambos lados de la línea media, para poder trabajar con la media de las dos medidas, que fueron tomadas en tres animales de cada corral, los más cercanos a la media del peso del corral.

3.4.3 ENSAYO DE EMISIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE PURINES.

Para conocer el volumen de purín almacenado en las fosas de los corrales individualizados, se midió cada 14 días (en el momento del pesado de los animales) la altura del purín acumulado mediante una varilla graduada. Se estipularon 4 puntos de medida uniformemente distribuidos y se obtuvo un valor medio de altura del purín por cada corral. Posteriormente, conociendo las dimensiones de la fosa, se pudo estimar el volumen de purín producido por animal y día.

En cuanto a las emisiones producidas durante el almacenamiento del purín, tras finalizar el ensayo productivo, se recogió el purín de cada fosa por duplicado para tener un total de 18 muestras de 40 litros cada una (3 tratamientos x 3 fosas/tratamiento x 2 réplicas/fosa). Cada muestra se introdujo en un bidón de 60 litros de capacidad. Previo a la recogida de las muestras, se agitó la fosa durante 5 minutos para homogenizar el purín y obtener muestras representativas. Posteriormente, se extrajo con una bomba sumergible de aguas sucias directamente a los bidones. El hecho de que los bidones sean de 60 litros se debe a que la relación superficie/volumen sea similar a las condiciones de almacenamiento en balsa exterior.

Los bidones fueron transportados al laboratorio de simulación ambiental de la UPV, una vez en el laboratorio se distribuyeron de forma aleatoria de diseño cuadrado latino en la sala (**Figura 4**). Dicha sala cuenta con ventiladores extractores y trampillas de entrada de aire para evitar la acumulación de gases en su interior.

T3 CORRAL 13 A	T3 CORRAL 13 B	T1 CORRAL 10 A	T1 CORRAL 10 B	T2 CORRAL 1 A	T2 CORRAL 1 B
T2 CORRAL 11 A	T2 CORRAL 11 B	T3 CORRAL 5 A	T3 CORRAL 5 B	T1 CORRAL 4 A	T1 CORRAL 4 B
T1 CORRAL 8 A	T1 CORRAL 8 B	T2 CORRAL 12 A	T2 CORRAL 12 B	T3 CORRAL 9 A	T3 CORRAL 9 B

Figura 4. Distribución de bidones en sala para el ensayo de emisiones. Diseño de cuadro latino.

Los bidones se mantuvieron abiertos durante todo el ensayo, a excepción de, los periodos de mediciones (una vez por semana en cada bidón). La emisión de NH₃ se determinó diariamente siguiendo el método de la cámara de flujo controlado (Hassouna et al., 2016) con un flujo de ventilación constante. Para realizar esta cámara se optó por adaptar las tapas de los bidones incorporando un ventilador de extracción de 58 mm de diámetro, alimentado por una fuente de alimentación de tensión variable, y practicando 10 orificios de entrada de aire de forma idéntica en todas las tapas. El caudal de extracción de aire se determinó a partir de la sección de salida y la velocidad del aire medida mediante un anemómetro de molinete Testo modelo 435. Mediante una bomba de extracción se hizo pasar una muestra de aire contenido en los bidones hasta el analizador de NH₃ sensor Dräger Polytron 8000 (rango de medida entre 0 y 100 ppm). Las medidas se realizaron diariamente por duplicado en cada bidón. Cada día de medida, cada bidón se ha medido durante 8 minutos, registrando la concentración de gases con una

frecuencia de 10 segundos. Se registró también la concentración del aire ambiente de la sala durante el ensayo. Los datos han sido registrados en data logger MX1105 de HOBO (OnsetComp). Durante el ensayo también se han realizado determinaciones de temperatura y humedad relativa del aire con medición continua (frecuencia 10 minutos) mediante un registrador U12 de HOBO (OnsetComp). Las emisiones se cuantificaron multiplicando el caudal de ventilación (expresado en m³/h) por la diferencia de concentraciones entre la salida del bidón y el aire ambiente (expresados en mg/m³). También se determinó la temperatura del purín de forma continua (frecuencia 10 minutos) en 2 bidones (uno por tratamiento, mediante el sensor sensor U12 de HOBO (OnsetComp)).

3.5 ANÁLISIS DE MUESTRAS

Durante el estudio, de manera quincenal, se recogieron en varias tolvas de cada tratamiento muestras de pienso en los periodos de C2 y C3 (fase experimental) para realizar análisis proximal. Al final del ensayo se analizaron químicamente los piensos del periodo experimental para determinar su composición en MS, Cz, EB, PB, grasa bruta (GB) y fibra (fibra neutro detergente, FND; fibra ácido detergente, FAD y lignina ácido detergente, LAD). La MS, Cz y GB se analizaron siguiendo la metodología propuesta por AOAC (2003). La EB se determinó por combustión en una bomba calorimétrica (Parr 6400, Parr Instruments Co., Moline, IL, USA). El contenido en FND, FAD y ADL se determinó secuencialmente según la metodología propuesta (Van Soest et al., 1991). El N total se medirá mediante combustión utilizando un equipo Leco (modelo FP-528, Leco Corporation®, St. Joseph, MI, USA) y la PB se estimó como el N total x 6,25. Los análisis se realizaron en el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal (ICTA) de la Universitat Politècnica de València (UPV) y la Fundación Premio Arce de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Respecto al análisis del purín en el ensayo de almacenamiento, se recogieron 3 submuestras por bidón. Para determinar la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) al inicio del ensayo. De cada bidón se obtendrá un alícuota en 1 tubo Falcon de 50 ml que se llenará hasta los 40 ml. El procedimiento para analizar los MS/MO es el siguiente: En un crisol se añadirán 10 gramos de muestra (2 crisoles a analizar por bidón muestreado). Primero, secamos la muestra en crisoles cerámicos introducidos en un horno a 103 °C durante 24 h, el material residual representará la cantidad de MS. Posteriormente se llevaron los crisoles a una mufla donde se calcinó la MS durante 5,5 horas a 505 °C para obtener el contenido en cenizas (Cz). La MO es el resultado de la pérdida de peso del crisol tras la calcinación. También se determinó el pH del purín mediante pH-metro Orion.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de la prueba productiva se analizaron mediante el paquete estadístico SAS System Software®. Se realizó un ANOVA a través del procedimiento GLM con el tratamiento como variable clasificatoria para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos analizados. Los pesos, GD y PL se utilizaron como covariables para analizar los resultados finales.

En el análisis estadístico del estudio de emisiones se utilizó el paquete de software IBM SPSS Statistics 25.0. Se realizó un análisis de varianza ANOVA seguido de una prueba Post Hoc, test de Duncan, para encontrar si existen diferencias significativas en las emisiones de NH₃ entre tratamientos. Para ello, se tuvieron en cuenta los acumulados finales por bidón de cada tratamiento (6 réplicas por tratamiento). Las diferencias encontradas fueron consideradas

significativas con $p < 0,05$. Además, se realizó un diagrama de cajas de la acumulación final de NH_3 . Se presentaron los valores medios y desviaciones estándar de cada tratamiento. Paralelamente se estudió la evolución intersemanal de las emisiones por tratamiento de NH_3 .

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ENSAYO PRODUCTIVO

4.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES Y SUBPRODUCTOS

En la **Tabla 4** se muestra la composición química de los subproductos utilizados en el estudio. La composición química del OC utilizado en este estudio, presentó un alto contenido en extracto etéreo (EE: 16,8% MS) y fibras, siendo especialmente alto el contenido en lignina (44,4%, FND; 32,3%, FAD y 16,6%, LAD). Los valores de fibra son similares a los publicados en las tablas de alimentos FEDNA para el orujo de aceituna (De Blas et al., 2019). En el caso del contenido en EE, trabajos previos (Ferrer et al., 2020; De Blas et al., 2019) han reportado valores más bajos de EE (12,2%; 10,0% MS). Esto es debido al tipo de OC utilizado en el estudio. El contenido en EE del OC puede variar dependiendo de la variedad de aceituna, la época de recolección y el tipo de procesado (Dermeche et al., 2013). En nuestro estudio se utilizó un OC que proviene de la recolección de las partículas de OC en los decantadores de los ciclones usados para extraer el aire de los secadores de orujo húmedo, que tiene más grasa y PB en comparación con el OC convencional, lo que tiende a mejorar el contenido en energía digestible de los piensos en los que se utiliza este subproducto (Piquer et al., 2021).

Tabla 4. Composición química de los subproductos utilizados. Todos los valores están expresados sobre materia seca excepto el contenido de materia seca, que está expresado como porcentaje sobre materia fresca.

(%MS)	Orujo de aceituna, OC	Bagazo de cerveza, BW
Materia seca (% sobre MF)	94,2	89,3
Cenizas	7,8	4
Extracto Etéreo, EE	16,8	13,00
Fibra neutro-detergente, FND	44,4	51,40
Fibra ácido-detergente, FAD	32,3	19,1
Lignina	16,6	2,0
Proteína Bruta, PB	10,2	27,7
PB-FND⁽¹⁾	7,54	14,4
PB-FAD⁽¹⁾	5,40	1,9
Fibra dietética total	42,3	-
Azúcares	3,48	9,2
Energía bruta (Kcal/kg)	5704,2	5184,0

⁽¹⁾Proteína ligada a FND y FAD.

El BW deshidratado es un subproducto rico en fibra y se considera una fuente de proteína media, con valores publicados de 24-27% de contenido en proteína (De Blas et al., 2019; Cerisuelo & Bacha, 2021), aunque su composición puede variar según el tipo de grano, época de recolección, las características del lúpulo y los componentes que se le añaden, así como la tecnología de elaboración cervecera (Santos et al., 2003). El bagazo utilizado en nuestro estudio presentó un

contenido en PB del 27,7%. En cuanto a las fibras, en general el bagazo estudiado presentó valores de fibras elevados, lo que podría limitar su uso en las raciones para cerdos de engorde (Sol et al., 2016). Estos valores son similares a los publicados en cuanto a contenido en PB (Sauvant et al., 2021; De Blas et al., 2019). El contenido en FND fue de 51,4% sobre MS, valores que también se asemejan a la bibliografía (53,4% sobre MS en las tablas FEDNA). Los valores de FAD y LAD obtenidos para el bagazo fueron de 19,1% y 2,0% sobre MS, respectivamente. También cabe destacar que el bagazo estudiado presenta valores de proteína ligada a fibras altos (Proteína ligada a FND y a FAD; PB-FND y PB-FAD), lo que puede hacer disminuir la digestibilidad de la proteína al no poder ser digerida por los animales. En cuanto al EE, el BW estudiado mostró valores de 13,0% sobre MS, un valor porcentual más elevado que en algunos de los valores publicados en las tablas de alimentos, que muestran valores de aproximadamente 8% sobre el contenido en MS (De Blas et al., 2019; Sauvant et al., 2021) esto se debe a que el contenido en grasa es variable ya que depende de las materias primas y del proceso de obtención empleado, fundamentalmente el grado de extracción de aceite. Los niveles de proteína rondan el 25% en ambos estudios.

La composición química de los piensos experimentales se presenta en la **Tabla 5**. Las dietas se formularon con el objetivo de que fueran isoenergéticas e isoproteicas atendiendo a los valores de composición referenciados. El contenido en PB de las dietas fue similar, aunque la PB de T2 fue ligeramente menor que en el T1 y T3. Las dietas a las que se les añadió subproductos fibrosos (T2 y T3) presentaron mayores contenidos en fibras en general, y FND en particular. Sobre todo, destaca el gran contenido de FND que contiene el T3. También se observa un mayor contenido de proteína ligada a fibras en las dietas con subproductos, sobre todo en el T3, en concordancia con los resultados en la composición química de los subproductos. La diferencia de contenido fibroso entre los tratamientos T2 y T3 se debe al nivel de inclusión de los subproductos, siendo esta inclusión de 15% de OC y 20% de BW. Estos porcentajes se acordaron siguiendo las recomendaciones de digestibilidad y consumo de otros estudios.

Tabla 5. Composición química de las dietas experimentales. Todos los valores están expresados sobre materia seca excepto el contenido de materia seca, que está expresado como porcentaje sobre materia fresca.

Tratamientos ¹			
(%)	Dieta-C (T1)	Dieta OC (T2)	Dieta BW (T3)
Valores analizados			
Materia seca	89,0	89,9	90,5
Cenizas	5,02	5,52	4,76
Proteína Bruta, PB	16,5	15,8	16,4
Fibra dietaria total, FDT	14,5	19,2	23,8
Fibra neutro-detergente, FND⁵	9,64	12,0	17,9
Fibra ácido-detergente, FAD⁵	3,11	5,12	6,13
Lignina⁵	0,120	1,04	0,50
PB-FND³	1,60	2,50	3,50
PB-FAD⁴	0,200	0,600	0,400
Energía bruta (EB), kcal/kg	4334	4659	4608
Valores calculados⁶			
Energía Neta (EN), kcal/kg	2128	2152	2137
Calcio	0,610	0,624	0,618
Fósforo	0,451	0,442	0,440
Contenido en aminoácidos digestibles (%)			
Lisina	0,705	0,715	0,707
Metionina	0,244	0,280	0,257
Metionina+cisteína	0,425	0,467	0,423
Treonina	0,459	0,467	0,457
Triptófano	0,126	0,127	0,127
Valina	0,486	0,466	0,460

¹Dieta-C= dieta control; Dieta OC = dieta con un 15% de inclusión de orujo de aceituna; Dieta BW = dieta con un 20% de inclusión de bagazo de cerveza.

²Error estándar de la media. ³Proteína Bruta ligada a FND. ⁴Proteína Bruta ligada a FAD.

⁵Analizado con sulfitos. ⁶Valores calculados basados en de Blas et al. (2019)

4.1.2 RENDIMIENTO PRODUCTIVO

La **Tabla 6** muestra los efectos de la inclusión de OC y BW sobre los rendimientos productivos de los animales objeto del estudio. El cambio de dieta no tuvo un efecto en ninguno de los parámetros estudiados. Los animales crecieron en igual medida en los tres tratamientos, con valores medios de ganancia media diaria de 1,02 a 1,05 kg/día (EEM=0,023). Todos los tratamientos partieron de un peso inicial similar alrededor de 75,9 kg. El consumo diario (CMD; 2,86-2,92 kg/d, EEM=0,050) e índice de conversión (IC; 2,78-2,85, EEM=0,044) también fue similar. En cuanto a las medidas de grasa dorsal (GD) y profundidad de lomo (PL), se observa que todos los tratamientos engrasaron de igual forma. Al final del estudio, los animales del T1 y T2, presentaron valores de GD de 14,2 mm y una PL de 49,4 y 49,0 mm, respectivamente. Por el contrario, los del T3, consiguieron alcanzar mayores espesores siendo, la GD de 14,4 mm y la PL

de 49,5 mm. Si comparamos las ganancias medias, el T1 ganó más grasa (4,55 mm) que las dietas con subproductos (T2=4,27 mm; T3=3,97 mm). En cuanto al peso final, fue aproximado a 128 kg para todos los animales sin diferenciarse significativamente entre tratamientos.

Los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento son los esperados en cerdos castrados con genética Duroc danés x (Landrace x Large White). En un estudio previo de Ferrer et al. (2020) se obtuvieron valores equivalentes en las características productivas, aunque en este estudio se encontraron pequeñas diferencias en GD final y PL final.

Tabla 6. Efectos de la inclusión de orujo de aceituna (OC) y bagazo de cerveza (BW) en dietas para cerdos de engorde sobre los rendimientos productivos.

	Tratamientos ¹			EEM ²	P-valor
	Dieta-C, T1	Dieta OC, T2	Dieta BW, T3		
Peso medio inicial, kg	75,9	75,9	75,8	2,16	1,00
Peso medio final, kg	128	128	129	1,10	0,598
Ganancia media diaria, GMD, kg/d	1,02	1,02	1,05	0,023	0,639
Consumo medio diario, CMD, kg/d	2,86	2,92	2,91	0,050	0,730
Índice de conversión, IC, kg pienso/kg animal	2,85	2,83	2,78	0,044	0,519
Grasa dorsal (GD) inicial, mm	9,7	10,0	10,4	0,247	0,117
Profundidad de lomo (PL) inicial, PL mm	35,2	35,4	33,6	0,857	0,251
Grasa dorsal (GD) final, mm	14,2	14,2	14,4	0,464	0,924
Profundidad de lomo (PL) final, PL, mm	49,4	49,0	49,5	0,780	0,895
Ganancia media de grasa, (espesor) mm	4,55	4,27	3,97	0,375	0,528
Ganancia media de lomo, (espesor) mm	14,4	13,8	15,6	0,906	0,464

¹Dieta-C= dieta control; Dieta OC = dieta con un 15% de inclusión de orujo de aceituna; Dieta BW = dieta con un 20% de inclusión de bagazo de cerveza. ²Error estándar de la media.

Al tratarse de subproductos con gran cantidad de fibra, se esperaba que influyeran en el consumo de los animales y con ello, a su crecimiento y su nivel de engrasamiento. No obstante, los resultados obtenidos en el estudio de los parámetros productivos nos indican que la inclusión a niveles de 15% y 20% de OC y BW, respectivamente, no afectan al rendimiento productivo de porcinos en etapas de finalización. Otros estudios han demostrado que es posible añadir OC a las dietas de cerdos de finalización sin consecuencias negativas, a niveles de inclusión de hasta un 12% (Joven et al., 2014; Ferrer et al., 2018). Esto puede deberse a que, en el presente estudio, se seleccionó OC obtenido mediante un proceso de deshidratación que genera un subproducto

compuesto por las partículas que se recolectan en los decantadores de los extractores de aire, resultando una composición diferente de mayor calidad, con un contenido mayor en grasa y menor en fibra (Piquer et al., 2021). El ajuste del resto de ingredientes de las dietas para convertirlas en isoenergéticas e isoprotéicas también pudo influir en la ausencia de diferencias: en efecto, no se incluyó el subproducto reemplazando directamente otros componentes, sino que las dietas se ajustaron para aportar a los animales la misma cantidad de energía y proteína.

4.2 ENSAYO DE EMISIONES EN ALMACENAMIENTO

4.2.1 PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PURÍN

El volumen medio de purín generado por tratamiento fue de $6,9 \pm 5,4$ litros/día/animal para el T1, $7,0 \pm 2,0$ litros/día/animal para el T2 y $8,1 \pm 3,3$ litros/día/animal para T3. Se observó gran variabilidad en el purín medio generado por corral, aunque perteneciese al mismo tratamiento. Esto podría deberse al comportamiento animal respecto al consumo y desperdicio de agua. Aunque los cerdos fuesen de la misma raza y edad se observó que algunos animales desperdiciaban agua que terminaba en las fosas. Además, la genética animal podría influir individualmente en el purín generado por animal.

No se hallaron diferencias entre el tratamiento T1 y T2 en la producción de purín. Sin embargo, el T3 respecto al T1, generó un 15% más de purín. La inclusión de un mayor contenido en fibra en T3 es lo que podría explicar este aumento, tal y como describió Morazán et al. (2015) en un estudio que relacionaba el contenido de proteína y FND. Ferrer et al. (2020) describió cambios en la excreción de purín en dietas que contenían altas concentraciones de subproductos fibrosos y por tanto una mayor producción de purín asociada a altos contenidos de LAD en la dieta.

En la **Tabla 7**, se describen las características del purín inicial de la fase de almacenamiento en el tratamiento T1, T2 y T3. Se observa que el T3 presentó en el purín mayores proporciones de MS y MO, probablemente debido al mayor contenido en fibra y al mayor volumen de purín que ocasionaría un efecto dilución. Sin embargo, el T2 mostró valores más bajos respecto al T1. Esto podría deberse a que la inclusión del subproducto fue en un porcentaje no lo suficientemente alto para observarse estas diferencias y que la base del pienso está compuesta por cereales en proporciones similares al T1.

Tabla 7. Promedio de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) con respecto a la materia fresca (MF) por tratamiento al inicio del almacenamiento del purín.

	T1	T2	T3
MS (%MF)	4,11±0,93	3,03±1,11	5,16±3,55
MO (%MF)	2,93±0,73	2,33±0,88	4,08±2,87

En la **Tabla 8**, se describen los valores de pH de cada tratamiento al inicio y al final de la prueba de emisiones. Se observa una tendencia alcista entre el pH inicial y final en todos los tratamientos. Las variaciones tanto de T1 como de T3 fueron de aproximadamente +7% en respecto al inicio, mientras que el T2 tuvo el doble de aumento (+14%).

Tabla 8. Mediciones de pH al inicio y al final del almacenamiento, y diferencia porcentual entre las ellas (Δ).

pH			
	T1	T2	T3
inicial	7,34±0,19	7,08±0,09	7,12±0,07
final	7,92±0,46	8,22±0,23	7,66±0,55
Δ(%)	7.34	13.91	7.08

El volumen de purín inicialmente introducido en cada bidón (40 litros) disminuyó una media de $9,89 \pm 1,45$ litros tras 10 semanas, resultando en un volumen medio final de 30,11 litros. Las temperaturas medias de $26,4^{\circ}\text{C}$ durante el periodo de ensayo propició la evaporación del contenido de agua y gases. No se observaron diferencias significativas en la disminución del volumen por tratamiento.

4.2.2 EMISIONES DE AMONIACO

En la **Figura 5** se muestra la evolución de la emisión de NH_3 durante las 10 semanas de ensayo. Inicialmente la emisión media semanal fue de 8,58, 7,28 y 4,63 g NH_3 /día, para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. Con el paso de las semanas los tratamientos aumentaron su emisión, destacando el tratamiento T1 que alcanzó una emisión de 19,40 g NH_3 /día entre las semanas 4 y 5 del ensayo. Paralelamente, la evolución de las emisiones de NH_3 de los tratamientos T2 y T3 evolucionaron de manera similar, alcanzando máximos de 11,31 g NH_3 /día para el T2 en la semana 5 y 11,28 g NH_3 /día para el T3 en la semana 6. Al final del ensayo, en la semana 10, la emisión del T1 disminuyó hasta valores de 11,44 g NH_3 /día, aunque siguió registrando mayores valores de emisión que los T2 (7,21 g NH_3 /día) y T3 (9,49 g NH_3 /día).

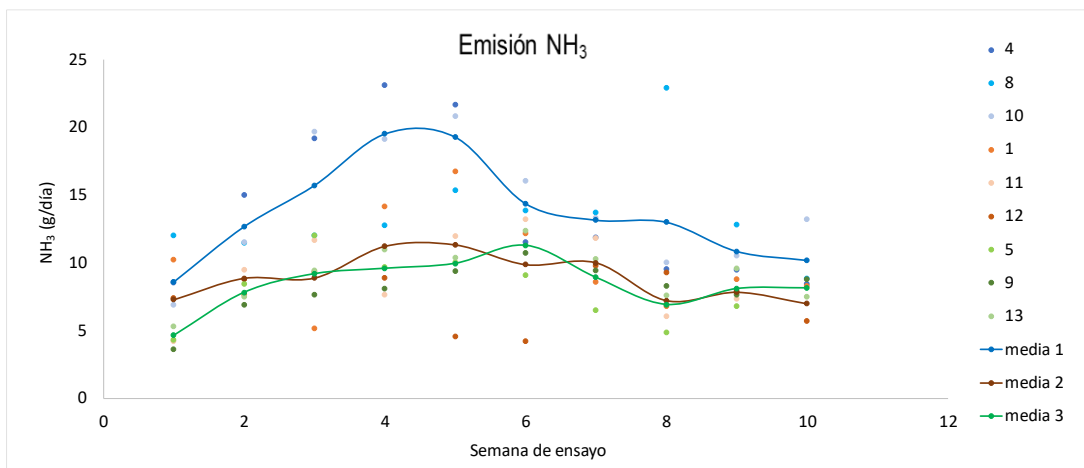


Figura 5. Emisión de NH_3 , durante las 10 semanas de ensayo, de cada bidón y la media de los tratamientos. Nota: La numeración de las medias corresponde con los tratamientos T1 (bidones 4, 8 y 10; media 1), T2 (bidones 1, 11 y 12; media 2) y T3 (bidones 5, 9 y 13).

En la **Figura 6**, se muestra la evolución de la emisión acumulada de NH_3 durante el ensayo. En la semana 10 los acumulados de emisión de NH_3 fueron 138,4, 85,9 y 85,1 g NH_3 /día para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. Como era previsible, debido a la mayor emisión intersemanal del tratamiento T1 (**Figura 5**), la emisión acumulada de este tratamiento fue mayor que en T2 y T3. Se observó que las dietas con subproductos incorporados acumularon un 37,2% menos de NH_3 para el T2 y un 41,4% menos para T3, emitido al cabo de las 10 semanas del ensayo.

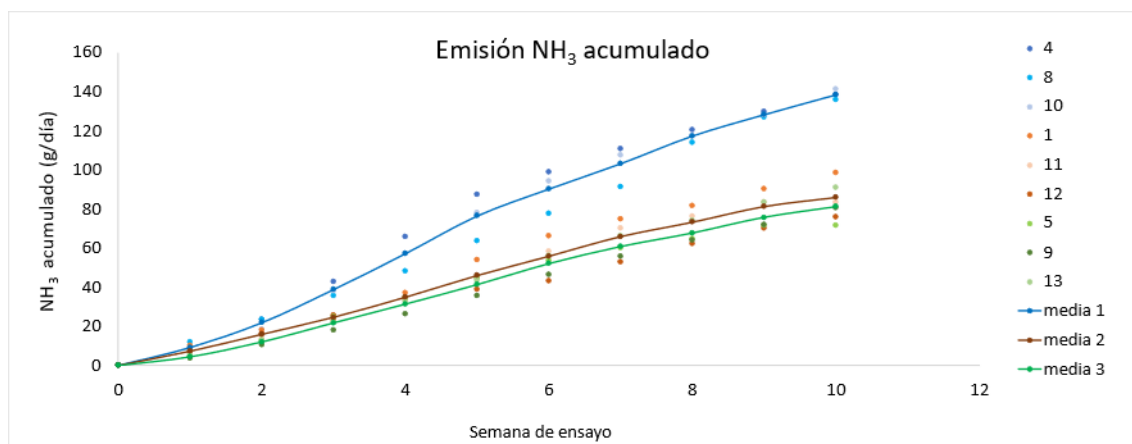


Figura 6. Evolución de la emisión acumulada de NH_3 hasta la semana 10 del ensayo. Nota: La numeración de las medias corresponde con los tratamientos T1 (bidones 4, 8 y 10; media 1), T2 (bidones 1, 11 y 12; media 2) y T3 (bidones 5, 9 y 13; media 3).

En la siguiente **Figura 7**, diagrama de cajas que refleja la mediana y los cuartiles de emisión de NH_3 acumulado por tratamiento. Se observan diferencias entre la acumulación de NH_3 del T1, respecto el T2 y el T3, no evidenciándose diferencias entre los dos últimos.

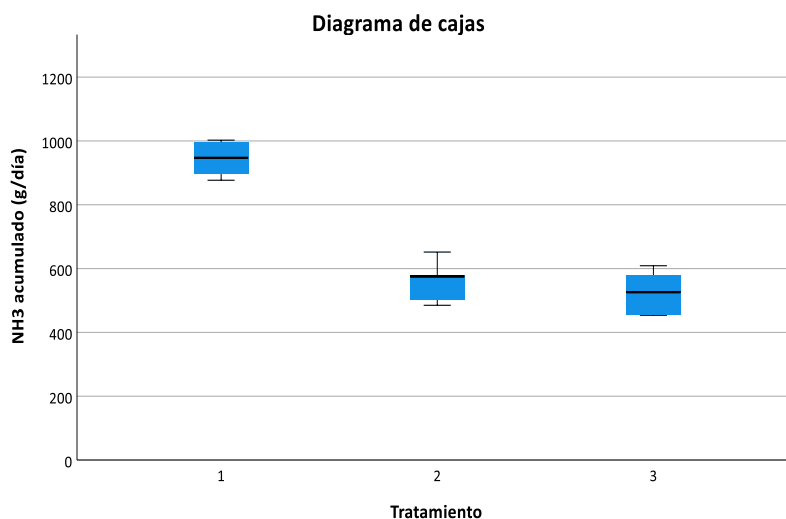


Figura 7. Diagrama de cajas de los acumulados medios diarios de NH_3 (g/día) en los tratamientos 1, 2 y 3 definidos a lo largo de la fase experimental.

En la **Tabla 9**, tenemos el análisis descriptivo que nos aporta un resumen de la información que dan los datos de las muestras de NH_3 . Vemos las emisiones medias a las 10 semanas de NH_3 siendo 944 ± 51 g NH_3 para el T1, 562 ± 60 g NH_3 para el T2 y 524 ± 64 g NH_3 para el T3. Estos

resultados indican que el T1 tuvo una emisión de NH₃ mayor que los tratamientos T2 y T3, y por tanto que la inclusión de OC y BW pudo reducir la emisión de NH₃.

Tabla 9. Análisis descriptivo de la media de NH₃ producido en los tres tratamientos con una precisión del 95%.

Descriptivos

NH ₃						
Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
T1	6	944,35	51,09	20,86	890,73	997,97
T2	6	561,56	60,43	24,67	498,15	624,97
T3	6	524,44	64,25	26,23	457,01	591,87
Total	18	676,78	202,98	47,84	575,84	777,72

Como puede observarse en la **Tabla 10**, mediante un análisis de la varianza, observamos que los bidones muestreados para cada tratamiento no disciernen entre sí. Pero si existen diferencias significativas entre tratamientos, con un nivel de significancia del (p-valor < 0,001).

Tabla 10. ANOVA de las emisiones de NH₃ producido para los diferentes tratamientos.

ANOVA

NH ₃					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	648455,36	2	324227,68	93,612	<,001
Dentro de grupos	51952,89	15	3463,53		
Total	700408,25	17			

Por otra parte, las pruebas Post Hoc permiten determinar qué medias se diferencian entre sí. Mediante la prueba estadística de rango múltiple Duncan establecemos los subconjuntos homogéneos. Los subconjuntos homogéneos comparan las medias para cada carácter cuantitativo (nivel de significación 0,05) que no se diferencia entre sí. En la siguiente **Tabla 11**, observamos que con un tamaño de muestra igual para todos los tratamientos (N=6), los tratamientos 2 y 3 no se diferencian entre sí (T2 = 561,56 g NH₃; T3 = 524,44 g NH₃), pero si se diferencian del T1 (944,35 g NH₃).

Tabla 11. Prueba de subconjuntos homogéneos entre los diferentes tratamientos con NH_3 producido.

Subconjuntos homogéneos

NH_3			
Duncan^a			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T3	6	524,4	
T2	6	561,6	
T1	6		944,3
Sig.		,292	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6.

Los ensayos de emisiones aportan información relevante sobre las implicaciones de utilizar subproductos, en concreto, OC y BW en la alimentación porcina. Diversos estudios concluyen que la alimentación con un porcentaje de subproductos considerable generalmente aumenta la excreción de nutrientes ya que su digestibilidad es menor, pero como bien hemos dicho anteriormente, la elevada fermentación de la fibra puede reducir las emisiones de NH_3 (Zervas & Zijlstra, 2002; Jarret et al., 2011; Galassi et al., 2010). Esto se debe a que la fibra estimula el crecimiento bacteriano en el intestino grueso (Bindelle et al., 2008), lo que provoca una mayor retención de N en forma de N orgánico y una menor proporción de N ureico en orina, disminuyendo así las emisiones de NH_3 (Bindelle et al., 2008; Torres-Pitarch et al., 2013). El menor valor de pH inicial en las dietas con subproductos también contribuiría a la menor emisión de este gas, habida cuenta de la relación directa entre el pH y el nivel de emisiones. El contenido en amonio del purín es también uno de los parámetros más influyentes en las emisiones de amoniaco. Aunque durante el ensayo experimental se tomaron muestras analíticas para determinar su el contenido de amonio en el purín, los resultados aún no están disponibles en la fecha de entrega del presente TFG, y por tanto deberán evaluarse posteriormente.

En el presente estudio, la emisión de NH_3 en la dieta control (T1) fue superior a la emisión en dietas con subproductos (T2 y T3), lo que acorde a la bibliografía, puede deberse a los cambios en la digestibilidad y la excreción de N.

5 CONCLUSIONES

El estudio demuestra que la inclusión de subproductos como el OC y el BW no afectaron a los rendimientos productivos en el cebo de cerdos, al no encontrarse diferencias significativas en la ganancia de peso, el crecimiento diario, la eficiencia de transformación y el engrasamiento.

Por otra parte, el potencial de emisión del NH_3 se vio modificado en dietas con subproductos (T2 y T3) respecto al control (T1). Las dietas que incluyeron subproductos resultaron en menores emisiones de NH_3 durante el almacenamiento del purín.

Estos subproductos suponen una alternativa interesante a utilizar como estrategia de reducción del impacto ambiental sin repercutir negativamente en el rendimiento de crecimiento de los cerdos. Además, estos resultados demuestran que es posible el uso materias primas alternativas locales, como son los subproductos agroindustriales estudiados en la formulación de dietas para cerdos de engorde, pudiéndose reducir el uso de cereales y soja convencionales. Esto promueve la economía circular de la zona y puede tener un efecto positivo en la sostenibilidad de los piensos.

6 BIBLIOGRAFÍA

- ABDULRASHID, M., & AGWUNOBI, L. N. (2009). Taro Cocoyam (*Colocasia esculenta*) Meal as Feed Ingredient in Poultry. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(5), 668-673. <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.668.673>
- ANTEZANA, W., CERISUELO, A., ESTELLÉS, F., & CALVET, S. (2018). Analysis of Factors Affecting Ammonia and Methane Emissions From Pig Slurries: Slurry Composition And Dietary Factors. *European Conference on Agricultural Engineering (AgEng2018)* (pp. 817-823). Wageningen University & Research.
- AOAC, A. (2003). Official methods of analysis of the AOAC International (2nd rev.). *AOAC International*.
- BINDELLE, J., BULDGEN, A., DELACOLLETTE, M., WAVREILLE, J., AGNEESSENS, R., DESTAIN, J. P., & LETERME, P. (2009). Influence of source and concentrations of dietary fiber on in vivo nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by in vitro fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. *Journal of Animal Science*, 87(2), 583-593. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0717>
- BOE (2022). *BOE-A-2022-860 Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.* (2022, 18 enero). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/01/18/47>
- CAJARVILLE, C., BRAMBILLASCA, S., & ZUNINO, P. (2011). Utilización de prebióticos en monogástricos: aspectos fisiológicos y productivos relacionados al uso de subproductos de agroindustrias y de pasturas en lechones. *Revista Porcicultura Iberoamericana*, 1(2).
- CALVET, S., ESTELLÉS, F., CARTANYÀ FERRÉ, J., & BABOT GASPA, D. (2020). Guía para la minimización de las emisiones de gases en las granjas porcinas. <https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/69767>
- CASANOVA-PELÁEZ, P. J., PALOMAR-CARNICERO, J. M., MANZANO-AGUGLIARO, F., & CRUZ-PERAGÓN, F. (2015). Olive cake improvement for bioenergy: the drying kinetics. *International Journal of Green Energy*, 12(6), 559-569. <https://doi.org/10.1080/15435075.2014.880347>
- CERISUELO, A. & BACHA, F. (2021). Materias primas: Bagazo de cerveza. *Nutrinews*, junio 2021, 6-13. <https://nutrinews.com/materias-primas-bagazo-de-cerveza/>
- CERISUELO, A., & CALVET, S. (2020). Feeding in monogastric animals: a key element to reduce its environmental impact. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 116(5), 483-506. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.039>
- DE BLAS, C., GARCÍA-REBOLLAR, P., GORRACHATEGUI, M. & MATEOS, G. G. (2013). NECESIDADES NUTRICIONALES PARA GANADO PORCINO (2a edición). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA)*. https://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas%20PORCINO_2013rev2_0.pdf

- DE BLAS, C., GARCÍA-REBOLLAR, P., GORRACHATEGUI, M. & MATEOS, G. G. (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (4a edición) (FEDNA (ed.); 4a). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA)*.
- DEL PRADO, A., MAS, K., PARDO, G., & GALLEJONES, P. (2013). Modelling the interactions between C and N farm balances and GHG emissions from confinement dairy farms in northern Spain. *Science of the Total Environment*, 465, 156-165. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.064>
- DERMECHE, S., NADOUR, M., LARROCHE, C., MOULTI-MATI, F., & MICHAUD, P. (2013). Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry*, 48(10), 1532–1552. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.07.010>
- DOUE (2017). Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo respecto a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos. *Documento Oficial de la Unión Europea L43 - DOUE-L-2017-80314*, de 21 de febrero de 2017, pp. 231-279.
- EUROSTAT, 2022. Beer production increased in 2021. <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220830-1>
- FAOSTAT, 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries_by_commodity
- FERRER, P., CALVET, S., GARCÍA-REBOLLAR, P., DE BLAS, C., JIMÉNEZ-BELENQUER, A. I., HERNÁNDEZ, P., PIQUER, O. & CERISUELO, A. (2020). Partially defatted olive cake in finishing pig diets: implications on performance, faecal microbiota, carcass quality, slurry composition and gas emission. *Animal*, 14(2), 426-434. <https://doi.org/10.1017/s1751731119002040>
- FERRER, P., CALVET, S., PIQUER, O., GARCIA REBOLLAR, P., BLAS BEORLEGUI, J. C. D., BONET, J., COMA, J. & CERISUELO, A. (2017). Olive Cake in Pigs Feeding: Effects on Growth Performance, Carcass Quality and Gas Emission from Slurry. *WIANF 2nd World Conference on Innovative Animal Nutrition and Feeding*. <https://oa.upm.es/50910/>
- FERRER, P., GARCÍA-REBOLLAR, P., CERISUELO, A., IBÁÑEZ, M. A., RODRÍGUEZ, C. A., CALVET, S., & DE BLAS, C. (2018). Nutritional value of crude and partially defatted olive cake in finishing pigs and effects on nitrogen balance and gaseous emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 236, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.12.014>
- FROHMANN, A., HERREROS, S., MULDER, N., & OLMOS, X. (2015). Sostenibilidad ambiental y competitividad internacional: La huella de carbono de las exportaciones de alimentos. <http://hdl.handle.net/11362/38985>
- GALASSI, G., COLOMBINI, S., MALAGUTTI, L., CROVETTO, G. M., & RAPETTI, L. (2010). Effects of high fibre and low protein diets on performance, digestibility, nitrogen excretion and ammonia emission in the heavy pig. *Animal Feed Science and Technology*, 161(3-4), 140-148. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.08.009>

- GARCÍA-CONTRERAS, A. C., ORTEGA, Y. D. L., YAGÜE, A. P., GONZÁLEZ, J. G., & ARTIGA, C. G. (2012). ALIMENTACIÓN PRÁCTICA DEL CERDO/FEEDING PRACTICES FOR PIGS. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(1), 21. https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2012.v6.n1.38718
- GARCIA-LAUNAY, F., DUSART, L., ESPAGNOL, S., LAISSE-REDOUX, S., GAUDRÉ, D., MÉDA, B., & WILFART, A. (2018). Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. *British Journal of Nutrition*, 120(11), 1298-1309. <https://doi.org/10.1017/S0007114518002672>
- HASSOUNA, M., EGLIN, T., CELLIER, P., COLOMB, V., COHAN, J. P., DECUQ, C., et al. (2016). Measuring emissions from livestock farming: greenhouse gases, ammonia and nitrogen oxides. Archive ouverte HAL. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01567208>
- INRAE, (2020). Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
- JARRET, G., MARTINEZ, J., & DOURMAD, J. Y. (2011). Effect of biofuel co-products in pig diets on the excretory patterns of N and C and on the subsequent ammonia and methane emissions from pig effluent. *Animal*, 5(4), 622-631. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002041>
- JOVEN, M., PINTOS, E., LATORRE, M. A., SUÁREZ-BELLOCH, J., GUADA, J. A., & FONDEVILA, M. (2014). Effect of replacing barley by increasing levels of olive cake in the diet of finishing pigs: Growth performances, digestibility, carcass, meat and fat quality. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.08.007>
- L. PERNIA (2022). *El bagazo de cerveza o cebadilla en rumiantes*. <https://lpernia.com/blog/el-bagazo-o-cebadilla-de-cerveza-en-rumiantes>
- LASSALETTA, L., ESTELLÉS, F., BEUSEN, A. H., BOUWMAN, L., CALVET, S., VAN GRINSVEN, H. J., DOELMAN J.C., STEHFEST E., UWIZEYE A. & WESTHOEK, H. (2019). Future global pig production systems according to the Shared Socioeconomic Pathways. *Science of the Total Environment*, 665, 739-751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.079>
- LEMME, A., HILLER, P., KLAHSEN, M., TAUBE, V., STEGEMANN, J., & SIMON, I. (2019). Reduction of dietary protein in broiler diets not only reduces n-emissions but is also accompanied by several further benefits. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 867-880. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz045>
- LÓPEZ, A. (2022). *España copa más de un tercio de las importaciones de cereales de países terceros a la UE en 2021/22*. Agronegocios. <https://www.agronegocios.es/agronegocios/espana-copa-mas-de-un-tercio-del-total-de-las-importaciones-de-cereales-de-paises-terceros-a-la-ue-en-2021-22/>
- MALUENDA, M. J. G., (2018). *España es el principal importador de granos, pero el primer productor de piensos y el segundo exportador de porcino de la UE*. <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2018/03/piensosmz18-1.pdf>

- MAPA, 2022. *El sector de la carne de cerdo en cifras: Principales Indicadores económicos*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios.
- MAPAMA (2017). Porcino Blanco. Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y fósforo. *Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*.
- MARM, 2010. Caracterización de sistemas de gestión de deyecciones. Sector porcino intensivo (2010). https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/Porcino%20Intensivo_tcm30-105327.pdf
- MCAULIFFE, G. A., CHAPMAN, D. V., & SAGE, C. L. (2016). A thematic review of life cycle assessment (LCA) applied to pig production. *Environmental Impact Assessment Review*, 56, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.08.008>
- MITECO (2022). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero: Informe resumen. Edición 1990-2020. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf
- MOLINA, E., YÁÑEZ, D., MOUMEN, A., & MARTÍN, I. (2003). Chemical composition and nitrogen availability for goats and sheep of some olive by-products. *Small Ruminant Research*, 49(3), 329-336. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00148-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00148-2)
- MORAZÁN, H., ALVAREZ-RODRIGUEZ, J., SERADJ, A. R., BALCELLS, J., & BABOT, D. (2015). Trade-offs among growth performance, nutrient digestion and carcass traits when feeding low protein and/or high neutral-detergent fiber diets to growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 168-180. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.003>
- MOUBARIK, A., BARBA, F. J., & GRIMI, N. (2015). Understanding the physicochemical properties of olive kernel to be used as a potential tool in the development of phenol-formaldehyde wood adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 61, 122-126. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.06.003>
- MUSSATTO, S. I., DRAGONE, G., & ROBERTO, I. C. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2012). *Nutrient requirements of swine*. Eleven revised edition.
- NATIONAL SWINE NUTRITION GUIDE (NSNG) (2010). Tables on nutrient recommendations, ingredient composition, and use rates. *Pork center of excellence*. Iowa State University. USA.
- PETERSEN, S. O., BLANCHARD, M., CHADWICK, D., DEL PRADO, A., EDOUARD, N., MOSQUERA, J., & SOMMER, S. G. (2013). Manure management for greenhouse gas mitigation. *Animal*, 7(s2), 266-282. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000736>

- PIQUER, L., GARCÍA-REBOLLAR, P., CALVET, S., MARTÍNEZ, M., RODRÍGUEZ, C.A, CANO, C., BELLOUMO, D., & CERISUELO, A. (2021). Nuevas fuentes de orujo para porcino: resultados preliminares. *XIX Jornadas sobre Producción animal, AIDA-ITEA (72)*. https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2021/comunicaciones/2021_NyA_34.pdf
- POND, W. G., & LEI, X. G. (2001). 1 Of Pigs and People. *Swine nutrition*, 1928. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781420041842_A25135918/preview-9781420041842_A25135918.pdf#page=24
- RENTERIA-FLORES, J. A., JOHNSTON, L. J., SHURSON, G. C., & GALLAHER, D. D. (2008). Effect of soluble and insoluble fiber on energy digestibility, nitrogen retention, and fiber digestibility of diets fed to gestating sows. *Journal of Animal Science*, 86(10), 2568-2575. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0375>
- SAJEEV, E. P. M., AMON, B., AMMON, C., ZOLLITSCH, W., & WINIWARTER, W. (2018). Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 161-175. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9893-3>
- SANTOS, M., JIMÉNEZ, J. J., BARTOLOMÉ, B., GÓMEZ-CORDOVÉS, C., & DEL NOZAL, M. J. (2003). Variability of brewer's spent grain within a brewery. *Food Chemistry*, 80(1), 17–21. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00229-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00229-7)
- SAUVANT, D., PEREZ, J. M., & TRAN, G. (2021). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. In *Tables de composition et de valeur nutritive des matieres premieres destinees aux animaux d'elage. Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons*. INRA. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-668-7>
- SEI (2022). *Sistema Español de Inventario de Emisiones Interactivo 2020* <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/informe-interactivo-inventario-nacional-emisiones.aspx>
- SOL, C., CASTILLEJOS, L., & GASA, J. (2016). Digestibility of some conventional and non-conventional feedstuff and co-products to be used in liquid feed growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 168-179. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.013>
- TORRES-PITARCH, A., MOSET, V., FERRER, P., HERNÁNDEZ, P., BONET, J., COMA, J., & CERISUELO, A. (2013). Efectos de la incorporación de altos niveles de harina de colza en piensos de cerdos de engorde. *Anaporc*, 97, 20-26.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., & LEWIS, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- WANG, J., LIU, Q., HOU, Y., QIN, W., LESSCHEN, J. P., ZHANG, F., & OENEMA, O. (2018). International trade of animal feed: its relationships with livestock density and N and P

balances at country level. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 197-211.
<https://doi.org/10.1007/s10705-017-9885-3>

ZERVAS, S. & ZIJLSTRA, R. T. (2002). Effects of dietary protein and oathull fiber on nitrogen excretion patterns and postprandial plasma urea profiles in grower pigs 1,2. *Journal of Animal Science*, 80(12), 3238-3246. <https://doi.org/10.2527/2002.80123238x>

ZIJLSTRA, R. T., & BELTRANENA, E. (2013). Swine convert co-products from food and biofuel industries into animal protein for food. *Animal Frontiers*, 3(2), 48-53.
<https://doi.org/10.2527/af.2013-0014>