



Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Uso de subproductos agroalimentarios en la alimentación porcina

Use of agri-food by-products in swine feed

## **Autor/es**

Rosa Marín Ocaña

## **Director/es**

María Ángeles Latorre Górriz

Alberto Auseré Holguín

Facultad de Veterinaria

2023/2024

## ÍNDICE

Resumen / Abstract .....	4
1. Introducción .....	6
2. Justificación y objetivos.....	9
3. Metodología .....	4
4. Resultados y discusión.....	11
4.1. Pulpa de aceituna.....	11
4.1.1. Procesamiento de la aceituna y obtención de la pulpa .....	11
4.1.2. Valor nutritivo de la pulpa de aceituna.....	13
4.1.3. Uso de la pulpa de aceituna en alimentación porcina.....	14
4.2. Harina de galleta .....	15
4.2.1. Procesamiento de la bollería y obtención de la harina de galleta .....	15
4.2.2. Valor nutritivo de la harina de galleta.....	16
4.2.3. Uso de la harina de galleta en alimentación porcina .....	17
4.3. Bagazo de cerveza .....	18
4.3.1. Procesamiento de la cebada y obtención del bagazo .....	18
4.3.2. Valor nutritivo del bagazo de cerveza .....	19
4.3.3. Uso del bagazo de cerveza en alimentación porcina .....	20
4.4. Pulpa de cítricos .....	20
4.4.1. Procesamiento de los cítricos y obtención de la pulpa.....	20
4.4.2. Valor nutritivo de la pulpa de cítricos .....	21
4.4.3. Uso de la pulpa de cítricos en alimentación porcina .....	22
5. Impacto económico de los subproductos estudiados en alimentación porcina .....	23
6. Conclusiones.....	27
7. Conclusions.....	28
8. Valoración personal.....	29
9. Bibliografía.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	11
Figura 2.....	12
Figura 3.....	16
Figura 4.....	19
Figura 5.....	21
Figura 6.....	25
Figura 7.....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	6
Tabla 2.....	13
Tabla 3.....	14
Tabla 4.....	16
Tabla 5.....	19
Tabla 6.....	22
Tabla 7.....	24
Tabla 8.....	24
Tabla 9.....	25

## RESUMEN

Actualmente, en las industrias agroalimentarias se genera gran cantidad de residuos y es razonable estudiar la posibilidad del uso de algunos de estos subproductos agroalimentarios como ingredientes en la alimentación animal. En este trabajo se profundiza en cuatro (la pulpa de aceituna, la harina de galleta, el bagazo de cerveza y la pulpa de cítricos), por su gran producción a nivel nacional, y se focaliza en la alimentación porcina, dado que España es un país líder en esta ganadería. En el presente TFG se indaga en los procesos de obtención de estos subproductos, en su composición química y en la variabilidad que ésta presenta, para lo que se comparan datos proporcionados por la empresa ADM Animal Nutrition Spain con los recogidos en la última publicación de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) y se ha estudiado el impacto económico que tendría su inclusión en fórmulas para cerdos de engorde. Se puede concluir que, en general, el uso de los subproductos agroalimentarios en alimentación animal contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la economía circular, pero hay que considerar también que presentan inconvenientes. El valor nutritivo de los subproductos estudiados (pulpa de aceituna, la harina de bollería, el bagazo de cerveza y la pulpa de cítricos) puede ser interesante en alimentación porcina, pero hay que incluirlos a niveles moderados. Su uso además puede reducir los costes de alimentación, pero es clave una buena caracterización de estos ingredientes, puesto que presentan una gran variabilidad en su composición química.

## **ABSTRACT**

Currently, a large amount of waste is generated in the agri-food industries and it is reasonable to study the possibility of using some of these agri-food by-products as ingredients in animal feed. This work focuses on four of them (olive pulp, from bakery, brewer's spent grain and citrus pulp), due to their large national production, and focuses on pig feed, given that Spain is a leading country in this type of livestock farming. This dissertation investigates the processes of obtaining these by-products, their chemical composition and variability, comparing data provided by the company ADM Animal Nutrition Spain with those collected in the latest publication of the Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) and studying the economic impact of their inclusion in formulas for fattening pigs. It can be concluded that, in general, the use of agri-food by-products in animal feed contributes to environmental sustainability and the circular economy, but it must also be considered that they have drawbacks. The nutritional value of the by-products studied (olive pulp, from bakery, brewer's spent grain and citrus pulp) can be of interest in pig feed, but they should be included at moderate levels. Their use can also reduce feed costs, but good characterization of these ingredients is key, as they are highly variable in their chemical composition.

## 1. INTRODUCCIÓN

En España, el sector porcino tiene una gran relevancia, sacrificándose casi 57 millones de cerdos al año. Actualmente, con 5 millones de toneladas, es el tercer país con mayor producción de carne de cerdo del mundo, por detrás de China y Estados Unidos, ocupando la primera posición en la Unión Europea con un 23,9% de la producción comunitaria. El censo porcino en nuestro país supera ya los 34 millones de cabezas liderando el ranking de CCAA Aragón, Cataluña y Castilla y León con un 28, 23 y 13%, respectivamente (MAPA, 2022a).

Del mismo modo, España es el primer país productor de piensos para alimentación animal en la UE, con una producción anual que superó los 37,5 millones de toneladas en 2022, de las cuales casi la mitad se destinó al ganado porcino (CESFAC, 2023). Esta actividad requiere utilizar una gran cantidad de materias primas, entre las que destacan, por su importancia cuantitativa, los cereales y los concentrados proteicos. La alimentación es el mayor coste de producción de cualquier especie ganadera, ascendiendo al 50-70% de los costes totales. Aunque fluctuantes, estos costes han ido creciendo en los últimos años al incrementar el precio de los ingredientes/materias primas para la elaboración de los piensos.

El precio del cerdo también fluctúa mucho. Durante el año 2022 hubo un aumento del 26% en el precio de mercado del kg de cerdo con respecto a 2021 pero, debido al conflicto entre Rusia y Ucrania, ese aumento no compensó los altos gastos de materias primas y energía (MAPA, 2022a). En la Tabla 1 se muestran datos oficiales, a nivel nacional, del precio del pienso de lechones, de cerdos de cebo y de cerdas gestantes a lo largo de los últimos años. Se observa un gran aumento, lo que sugiere la necesidad de buscar alternativas que abaraten el coste de alimentación, sin producir efectos negativos en los animales a nivel de salud, ni en su rendimiento productivo.

Tabla 1. Evolución del precio del pienso (€/tm) de ganado porcino entre 2016 y 2023 (MAPA, 2023a).

<b>Año</b>	<b>LECHONES</b>	<b>CEBO</b>	<b>CERDAS</b>
2016	308,37	249,99	211,44
2017	310,48	250,86	211,11
2018	321,54	260,14	226,98
2019	308,20	252,44	225,14
2020	317,00	258,01	221,80
2021	385,76	318,36	275,04
2022	511,61	428,07	381,80
2023	431,87	360,10	315,93

Uno de los principales objetivos de la formulación de piensos es satisfacer las necesidades nutricionales de los animales (energía, proteína/aminoácidos, extracto etéreo, fibra, minerales-vitaminas y agua). En relación con la proteína, especialmente en los piensos de cerdos de cebo, actualmente hay una gran presión por el tema medioambiental; por eso es fundamental trabajar con niveles nutricionales más ajustados a sus necesidades productivas. Para la formulación de piensos se utiliza la lisina como principal aminoácido, ya que se trata del primer aminoácido limitante, clave en la deposición de tejidos musculares y en la producción de proteína láctea.

En cuanto a la fibra, se trata de un nutriente muy complejo donde se pueden encontrar moléculas con una composición estructural totalmente diferente según los diferentes grados de solubilidad. Algunos de estos componentes, como las pectinas y las gomas, son solubles y se descomponen fácilmente en la fermentación. Otros, como la celulosa y la lignina que forman parte de las estructuras vegetales, son más difíciles de degradar y de digerir. Además, la presencia de lignina puede generar una reducción del valor nutritivo al afectar a la capacidad de utilización de otros nutrientes presentes en la dieta.

Otro nutriente importante en las formulaciones de pienso es el nivel de grasa, ya que ésta ayuda a mejorar la palatabilidad y el valor energético. En cuanto a los macronutrientes, los principales a tener en cuenta en nutrición porcina son el calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl) (FEDNA, 2013).

Además, cubrir las necesidades de agua es capital puesto que el consumo de pienso está correlacionado con el consumo de agua, así como con otros parámetros como la edad, el peso, el estado productivo o el ambiente. Los cerdos beben 2-3 veces más de lo que comen. El agua interviene en importantes funciones de las cuales podemos destacar la termorregulación. Gracias a su alto calor específico ( $1 \text{ kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C} = 4180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ), el agua tiene la capacidad de almacenar energía en los puentes de hidrógeno, haciendo que sea un gran amortiguador y regulador de los cambios térmicos. Además, posee un elevado calor de evaporación que permite eliminar por sudoración el exceso de calor. Sin embargo, en el caso del porcino, los cerdos poseen pocas glándulas sudoríparas y poco eficientes, dificultando la termorregulación. Para compensar este defecto utilizan el jadeo, convirtiéndose en la forma más eficiente que tienen para regular el exceso de calor. La termorregulación de los cerdos se basa en procesos de evaporación, conducción, convección y radiación, dependientes de la humedad y el gradiente térmico del entorno. Además, cabe recalcar que un deficiente consumo de agua puede acarrear tanto problemas productivos como un menor consumo de pienso, menor crecimiento medio diario, problemas sanitarios, estreñimiento y diarrea, entre otros (Alonso, 2021; Palomo, 2021).

Respecto a la nutrición de las cerdas reproductoras, se pueden encontrar diferentes situaciones, donde los requerimientos nutricionales varían según la edad de la cerda y su momento productivo, ya sea en gestación o en lactación. Tanto las necesidades de las cerdas que se encuentran en el primer y segundo ciclo, como al final de la gestación, los requerimientos nutricionales son más elevados, especialmente de aminoácidos y minerales como el Ca y el P. Esto es así para garantizar el correcto crecimiento fetal. En cuanto a las cerdas lactantes jóvenes, necesitarán mayores niveles de lisina y otros aminoácidos y, si además se encuentran en condiciones de altas temperaturas, se requerirá aún mayor cantidad de aminoácidos y energía. En cuanto a los verracos, requieren un suministro extra de energía debido a la monta y, si estos son jóvenes, las necesidades de energía serán aún mayores, ya que además se encuentran en crecimiento (FEDNA, 2013).

Por otro lado, los lechones y cerdos de cebo tienen necesidades energéticas elevadas debido a que se encuentran en pleno crecimiento (Cámara et al., 2014).

En ganadería, la búsqueda de alternativas sostenibles y económicamente viables en alimentación es fundamental para enfrentar los desafíos actuales. El aumento de la demanda de productos cárnicos a nivel mundial y la creciente preocupación por la escasez de recursos disponibles plantean la necesidad de explorar nuevas fuentes de materias primas para alimentar a la ganadería. En este contexto, los subproductos agroindustriales, que son residuos que provienen de actividades agrícolas o industriales y generalmente se consideran desechos, han adquirido un gran auge. Suponen una opción prometedora para usarse como complemento o reemplazo parcial de los ingredientes más habituales, como son los cereales y la harina de soja, al suponer una fuente valiosa de nutrientes. Su uso podría representar una manera eficaz de reducir los costos de producción animal, así como el impacto ambiental de ciertos sistemas de producción (Ferrer et al., 2017; Vastolo et al., 2019), pudiendo tener gran importancia en el sector ganadero.

Nuestro país es el primer productor europeo de frutas y hortalizas, y el mayor exportador de estos productos. Según el MAPA (2023b), la producción española de frutas y hortalizas superó los 29 millones de toneladas en 2021, con un valor superior a los 15.100 millones de euros, lo que supone que dicho sector aportó casi la mitad de lo generado por la producción vegetal total. Este sector implica también una potente industria transformadora, que puede generar anualmente varios millones de toneladas de subproductos, ya que la proporción de restos y subproductos puede oscilar entre el 12 y el 63% del material original, dependiendo de la materia prima y del proceso de transformación (Alfonso et al., 2010). De hecho, se estima que alrededor



del 46% de la producción inicial de frutas y hortalizas en la UE se pierde o desperdicia en diferentes etapas de la cadena alimentaria, cifra que aumenta hasta superar el 55% en África y América Latina (FAO, 2023). Esto ocurre con estos productos, pero también con otros destinados a consumo humano. En los países industrializados, las pérdidas se deben principalmente a los desechos generados tras la cosecha, como consecuencia de los elevados estándares de calidad establecidos por los minoristas, aunque también se genera una considerable cantidad de desechos en la fase de distribución y consumo de estos productos.

La utilización práctica de subproductos agroindustriales tiene ventajas, como ya se ha mencionado, pero también tiene limitaciones: su producción estacional en algunos casos; su elevado contenido en agua, que los hace fácilmente putrescibles y difíciles de conservar; y la amplia variabilidad en su composición química y valor nutritivo. Todo ello hace que su uso esté condicionado por la disponibilidad de métodos eficaces y de bajo coste para su conservación. Además, su uso práctico requiere conocer su valor nutritivo y las condiciones idóneas para su inclusión en la dieta de los animales.

## **2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

La incorporación de subproductos de las industrias agroalimentarias en alimentación animal puede reducir costes, pero además contribuir a la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas, impulsar la economía circular en el sector agroalimentario y mejorar la percepción de la ganadería por la sociedad. En las últimas décadas se han llevado a cabo numerosas investigaciones que avalan el potencial de diferentes subproductos agroindustriales como materias primas para la ganadería. En este trabajo se describen algunos de ellos, que se generan en gran cantidad en España, y su uso potencial en la actividad porcina, mostrando los resultados de trabajos en los que se ha analizado el efecto de su inclusión en los piensos de esta especie. La razón de centrarlo en el sector porcino es su relevancia en España destacando como el tercer país en producción de carne porcina a nivel mundial y el primero de la UE.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre la obtención de distintos tipos de subproductos agroalimentarios (de la aceituna, la bollería, la cerveza y los cítricos).
2. Profundizar en la información que aporta la literatura sobre su valor nutricional y su uso en alimentación porcina.

3. Evaluar el perfil nutricional de muestras de estos subproductos analizados en el laboratorio y su impacto económico.

### **3. METODOLOGÍA**

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con el uso de subproductos agroindustriales en la alimentación porcina, centrada principalmente en cuatro de ellos (pulpa de aceituna, harina de galleta, bagazo de cerveza y pulpa de cítricos). Para ello, se realizó una búsqueda sistemática en diversas bases de datos científicas como Web of Science, Google Académico y Alcorze, utilizando palabras clave como "bakery by-products", "brewer's spent grain", "olive pulp", "citrus Ppulp", "pig feeding", entre otros, en inglés o castellano según se requiriera. Además, se consultaron sitios oficiales como la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) o la FAO.

También se seleccionaron artículos científicos relevantes publicados en revistas especializadas en nutrición animal y producción porcina, como "nutriNews", "Suis" o "3tres3". Se extrajo información destacable de los artículos seleccionados, datos sobre los tipos de subproductos utilizados, sus efectos en la salud y rendimiento de los cerdos, así como consideraciones nutricionales y económicas.

Por otro lado, se disponía de los resultados de composición química de un total de 320 muestras de los subproductos objeto de estudio (24 de pulpa de aceituna, 257 de harina de galleta, 5 de bagazo de cerveza y 34 de pulpa de cítricos), proporcionadas por la empresa ADM Animal Nutrition Spain (Madrid), cuya composición química había sido analizada mediante Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIR) (proteínas, lípidos, fibra, cenizas, humedad, entre otros) (Figura 1). Con esos datos, se hizo un análisis descriptivo; se calculó el promedio de cada nutriente, para cada subproducto, así como la variabilidad mediante el coeficiente de variación, para lo que se dividió la desviación estándar entre el promedio y se multiplicó por 100. La desviación estándar se calculó previamente como la raíz cuadrada de la varianza, y la varianza, a su vez, con la fórmula "VAR.P". Para todo ello se empleó Excel. Finalmente se compararon esos datos con los genérico publicados por FEDNA (2019).

Además, se realizó un ejercicio práctico que consistió en comparar tres escenarios de alimentación porcina, es decir, tres fórmulas alimentarias; la primera era una fórmula control (sin la inclusión de subproducto), la segunda incluía un 6% de harina de galleta, usando la

composición química de dicho ingrediente que proporciona FEDNA (2019), siendo por tanto valores genéricos, y la tercera incluía un 6% de harina de galleta, usando la composición química de dicho ingrediente analizada por NIR. La inclusión de harina de galleta supuso la sustitución de otros ingredientes en esa misma proporción. Para el ejercicio se empleó el programa de formulación de ADM Animal Nutrition Spain que trabaja en base a programación lineal, proporcionando dietas que cubran las necesidades de los animales a mínimo coste. Los precios de las materias primas se extrajeron de la Llotja de Cereals de Barcelona (2024) de la semana 22 del año. La razón de usar la harina de galleta para el caso práctico es por ser el subproducto más empleado en alimentación porcina de los cuatro estudiados.



Figura 1. Equipo de espectroscopía de infrarrojos cercano (NIR) (foto proporcionada por la empresa ADM Animal Nutrition Spain).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Pulpa de aceituna**

#### **4.1.1. Procesamiento de la aceituna y obtención de la pulpa.**

En el sector del aceite de oliva, España es líder mundial en superficie cultivada con 2,75 millones de hectáreas en producción, donde destacada Andalucía, principalmente Jaén como la principal provincia productora con aproximadamente el 80% del total nacional. En comercio exterior, España es el mayor exportador mundial con exportaciones que constituyen aproximadamente un 65% de su comercio total (MAPA, 2023c).

El sector de la aceituna y su importancia va más allá de la fabricación del aceite de oliva. La cultura de la aceituna, junto con la industria del aceite de oliva, genera una cantidad significativa de subproductos. Dentro de estos subproductos, se encuentran tanto residuos sólidos como

líquidos, como son la torta de aceituna cruda y las aguas residuales de la almazara, respectivamente. Los residuos líquidos, también conocidos como aguas de vegetación o aguas residuales de almazara, se obtienen mediante procesos de centrifugación o sedimentación después del prensado de las aceitunas en la almazara. Por otro lado, los residuos sólidos son productos de la producción industrial de aceite de oliva, como la pulpa de aceituna (Alcaide & Nefzaoui, 1996).

La extracción industrial del aceite de oliva ha experimentado cambios significativos en las últimas décadas, orientados a mejorar la eficiencia, reducir el consumo de recursos y minimizar el impacto ambiental. Inicialmente, se empleaba el método tradicional de molinos y prensas para la extracción, pero con el tiempo se adoptaron sistemas más avanzados como la centrifugación de tres fases. Este sistema permitía una separación más eficiente del aceite de oliva, el agua de vegetación (alpechín) y los sólidos (pulpa de aceituna) en un proceso continuo. Sin embargo, generaba grandes cantidades de aguas residuales de noviembre a febrero (agua vegetal más el agua añadida durante las diferentes fases de producción), lo que representaba un problema ambiental significativo debido a su alta contaminación. Para abordar este problema, se desarrolló un nuevo sistema de centrifugación de dos fases, también conocido como sistema ecológico. Este sistema elimina la necesidad de agua añadida en el proceso de extracción, lo que reduce considerablemente la generación de aguas residuales de almazara. En este proceso, se obtiene un subproducto sólido (pulpa de aceituna o alperujo; Figura 2), muy abundante, que es el estudiado en este TFG. Este subproducto puede someterse a una segunda centrifugación para obtener aceite residual. El aceite residual se extrae químicamente con hexano, lo que da lugar a un producto con hidrocarburos aromáticos policíclicos, que requiere una fase adicional de purificación. Después de este proceso, se obtiene el orujillo (Alburquerque et al., 2004).



Figura 2. Subproducto (pulpa de aceituna) producido tras el proceso de obtención del aceite en una almazara (tomada de Higgins, 2011).

#### 4.1.2. Valor nutritivo de la pulpa de aceituna

La Tabla 2 muestra los resultados de la composición química de las muestras de alperujo analizadas por NIR, así como los datos del mismo ingrediente publicados por FEDNA (2019).

Tabla 2. Comparación de la composición química de la pulpa de aceituna analizada por NIR, con los nutrientes expresados en % en base a materia fresca (incluye sus correspondientes coeficientes de variación, %) y los datos publicados por FEDNA.

	Pulpa aceituna analizada	Pulpa aceituna (FEDNA, 2019)	Pulpa aceituna tamizada (FEDNA, 2019)	Pulpa aceituna parcialmente desengrasada (FEDNA, 2019)
Humedad	11,1 (21%)	9,4	7,3	10,1
Cenizas	5,6 (11%)	7,9	8,3	8,7
Proteína bruta	9,2 (3%)	9,6	12,2	9,9
Grasa bruta	8,6 (5%)	12,7	16,6	7,3
Fibra bruta	29,7 (5%)	27,2	23,5	29,8

FEDNA (2019) recoge en su publicación que el alperujo puede ofrecerse a los animales de tres formas: i) integral, ii) tamizado (se han separado las partículas más gruesas de la pulpa mediante cribado, tiene un contenido en fibra apreciable pero inferior al de la pulpa integral) y iii) parcialmente desengrasado (se ha dejado de extraer total o parcialmente el aceite de orujo, lo que aumenta considerablemente su valor energético y supone un aporte significativo de grasa de alta calidad ya que el ácido oleico representa 2/3 de los ácidos grasos totales). Parece que algunos parámetros se aproximan más a la pulpa integral, como las cenizas y la proteína, otros parámetros se aproximan más a la pulpa parcialmente desengrasada, como la grasa y la fibra bruta, por lo que la empresa ADM estaría trabajando probablemente con ambos tipos de pulpa.

En cualquier caso, la pulpa de aceituna destaca principalmente por ser un alimento altamente fibroso (Tabla 2) y contener una elevada proporción de lignina, procedente principalmente del hueso. Esto hace que tenga un bajo valor energético, ya que la lignina es un componente de la pared celular que no se descompone durante la digestión (FEDNA 2019).

En la pulpa de aceituna, un aspecto importante a considerar es la composición de su grasa (Tabla 3). Contiene una proporción de ácidos grasos monoinsaturados, especialmente de ácido oleico (C18:1), que podría convertirla en un ingrediente interesante porque podría modificar el perfil de ácidos grasos de la grasa de los tejidos de los cerdos (Mas et al., 2010).

Tabla 3. Comparación de la composición en los principales ácidos grasos (expresados en % del total de ácidos grasos) de la pulpa de aceituna analizada por NIR y los datos publicados por FEDNA.

	Pulpa de aceituna analizada	Pulpa de aceituna (FEDNA, 2019)
Ácido palmítico (C <sub>16:0</sub> )	11,8	12,3
Ácido esteárico (C <sub>18:0</sub> )	3,3	2,8
Ácido oleico (C <sub>18:1</sub> )	68,7	66,2
Ácido linoleico (C <sub>18:2</sub> )	8,9	11,5

Los coeficientes de variabilidad de la pulpa de aceituna obtenidos de las muestras analizadas muestran que el nutriente con mayor variabilidad es la humedad con un 21%, probablemente porque depende del tiempo que el subproducto está almacenado en la almazara, que está al aire libre, secándose a medida que pasa el tiempo. La humedad de los ingredientes a incluir en un pienso debe ser baja o se aumentará el riesgo de enmohecimiento. El resto de los nutrientes (cenizas, fibra, grasa y proteína) son muy estables puesto que su coeficiente de variación es considerablemente bajo, rondando el 3-5%. Es por ello por lo que debemos prestar más atención a la humedad para asegurar la calidad requerida del subproducto.

#### **4.1.3. Uso de la pulpa de aceituna en la alimentación porcina.**

Un estudio realizado por Joven et al. (2014) con cerdos de aproximadamente 70 kg de peso hasta el sacrificio, evaluando el efecto de niveles crecientes de pulpa de aceituna en la dieta, mostró que una inclusión de 100 g de alperujo/kg de pienso, aumentó el consumo medio diario y la ganancia media diaria, aunque el índice de conversión no varió. Niveles superiores a éste empeoraron tanto la ingestión como el crecimiento. Por otro lado, un aumento de la cantidad de alperujo en la dieta acarrió una disminución del engrasamiento de la canal, medido como espesor de grasa del músculo glúteo medio. Altos niveles de alperujo (hasta de un 10%) también afectaron a las características de la carne, disminuyendo el brillo y el tono amarillo, pero lo más destacable fue una reducción del contenido en ácidos grasos saturados, como C17:0 y C18:0, y un aumento de la proporción en ácidos grasos monoinsaturados, como C18:1 y C20:1.

Con la inclusión de la pulpa de aceituna se han obtenido resultados de una disminución en el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica, proteína bruta y energía, sin embargo, con la inclusión de la pulpa tamizada y parcialmente desengrasada se observó un aumento en el coeficiente de digestibilidad del EE (Ferrer et al., 2017).

Es importante mencionar que FEDNA (2019) no recomienda esta materia prima en lechones o hembras en período de lactancia, puesto que aporta poca energía y son etapas fisiológicas muy comprometidas, pero sí considera que no hay problema en incluirlo en los piensos de cebo o hembras gestantes hasta un 6%. En la raza Ibérica permite doblar este porcentaje porque su contenido fibroso contribuye a diluir las dietas y es algo necesario dada su voracidad. FEDNA lo incluye en el grupo de ingredientes fibrosos.

## **4.2. Harina de galleta**

### **4.2.1. Procesamiento de la bollería y obtención de la harina de galleta**

En la industria de la bollería se produce un subproducto llamado harina de galleta que se logra mediante el reciclaje de alimentos caducados, siempre que estén en buen estado de conservación y sin contaminación química o microbiana. Los fabricantes utilizan principalmente cuatro tipos de productos como materia prima: alimentos amiláceos (como el pan), cereales procesados y pasta, alimentos grasos y azucarados (como magdalenas, rosquillas y donuts), alimentos fritos con alto contenido de grasa (como patatas fritas y maíz) y alimentos muy dulces (como chocolates, caramelos, mazapanes y turrónes). La Figura 3 muestra una mezcla de todos ellos. La proporción de estos ingredientes puede variar, siendo las galletas, el pan y la pasta los más utilizados. El proceso de fabricación de la harina de galleta implica recolectar los ingredientes de forma higiénica, separar plásticos y envoltorios mediante procesos mecánicos, secar los subproductos con mayor humedad, evitando temperaturas excesivas para controlar las reacciones no deseadas, como serían las de Maillard, y finalmente moler y mezclar los coproductos para obtener una harina de galleta de composición uniforme. Sin embargo, es importante controlar la contaminación microbiológica, la consistencia del producto final y la presencia de plásticos y productos de degradación durante todo el proceso. El diagrama de flujo y el tipo de maquinaria utilizada son indicativos de la posible contaminación con plásticos y envoltorios en el producto final. Las instalaciones modernas suelen ser capaces de separar la gran mayoría de estos envoltorios, aunque algunas industrias optan por secar el producto antes de la separación, mientras que otras realizan la separación previamente (FEDNA 2019; Bacha, 2020).



Figura 3. Subproductos de la industria de la bollería antes de su procesamiento para destinarlos a alimentación animal (tomada de Heuzé et al., 2018).

#### 4.2.2. Valor nutritivo de la harina de galleta

La Tabla 4 muestra los resultados de la composición química de las muestras de harina de galleta analizadas por NIR, así como los datos publicados para el mismo ingrediente por FEDNA (2019).

Tabla 4. Comparación de la composición química de la harina de galleta analizada por NIR, con los nutrientes expresados en % en base a materia fresca (incluye sus correspondientes coeficientes de variación, %) y los datos publicados por FEDNA.

	Harina de galleta analizada	Harina de galleta, 2,5% de cenizas (FEDNA, 2019)	Harina de galleta, 6% de cenizas (FEDNA, 2019)
Humedad	10,7 (13%)	9,2	10,4
Cenizas	4 (52%)	2,5	6
Proteína bruta	11 (2%)	10,4	10,7
Grasa bruta	7,5 (16%)	9,5	7,6
Fibra bruta	3,2 (67%)	2	3,6
Almidón	45,5 (12%)	46,5	37,3
Azúcares	9 (22%)	11	11

La harina de galleta es una importante alternativa para la alimentación animal, principalmente en la alimentación porcina. Destaca por su gran contenido en almidón, debido a que, en buena parte de los productos utilizados, el alimento principal es la harina de trigo. Éste, como sufre un proceso tecnológico térmico como es la cocción, hace que sea muy digestible y con ello que sea



muy nutritiva, haciéndola ideal para lechones. Como además tiene valores altos de azúcares, se consigue que tenga una alta digestibilidad y palatabilidad. Pero hay que tener en cuenta que un exceso de azúcares en lechones puede generar diarreas no patológicas. Además, tiene altos niveles, por lo que debe tenerse en cuenta para formular las dietas, ya que ésta aumenta el aporte de energía.

En cuanto al contenido en cenizas, puede variar en un rango del 2,5 al 6%, por lo que FEDNA (2019) lo recoge en su publicación como dos ingredientes diferentes. Este porcentaje indica la cantidad de minerales que puede contener; muchas veces se le añade talco para mejorar la fluidez del producto final y un mejor manejo en la fabricación del pienso. El porcentaje en cenizas es importante, porque cuanto mayor sea, menor valor nutritivo tendrá, ya que actuará como diluyente, lo que quiere decir que no aporta energía, pero sí que participa en el peso del alimento. Por ello hay que tenerlo en cuenta porque, de lo contrario, podemos sobreestimar la calidad nutricional, si solo tenemos en cuenta la cantidad de alimento que añadimos.

En relación con la proteína, los valores son muy similares entre el ingrediente del 2,5% y el del 6% en cenizas, pero hay que tener en cuenta que a veces se desnaturalizan por la cocción, especialmente la lisina y la cistina. A pesar de que los niveles de proteína no son muy elevados, sí que tienen una alta disponibilidad de aminoácidos. Si se controla la calidad de la materia prima, la separación correcta de envoltorios, la cocción para un correcto aprovechamiento de los aminoácidos, la oxidación debido a la grasa produciendo enranciamiento, el contenido de cenizas, la contaminación microbiana y el contenido en teobromina debido al cacao de algunos productos, no tendría por qué haber un límite de inclusión (FEDNA, 2019; Bacha, 2020).

En este sentido, el promedio de las muestras analizadas muestra un ingrediente que se ubicaría entre las dos materias primas que recoge FEDNA. La enorme variabilidad detectada en algunos de los nutrientes, sobre todo en cenizas (52%) y fibra bruta (67%) sugiere que, entre las muestras analizadas, había muchas próximas al 2,5% de cenizas, pero también muchas próximas al 6% de cenizas. La humedad, la grasa, el almidón y los azúcares también resultaron considerablemente variables (con coeficientes de variación superiores a 10%).

#### **4.2.3. Uso de la harina de galleta en alimentación porcina**

En un estudio realizado por Luciano et al. (2022) se estudió el posible reemplazo del maíz por harina de galleta en cerdos de entre 7 y 14 kg de peso. Se observó que, aunque los indicadores sanguíneos de utilización de energía y proteína no se alteraban, un uso excesivo de harina de galleta reducía la ganancia media diaria y la eficiencia alimentaria, reduciendo así el crecimiento

de los cerdos destetados. Sin embargo, niveles moderados de inclusión de harina de galleta parecen viables.

En cerdos de engorde, Gaudré et al. (2012) comprobaron que un 20% de harina de galleta no penalizó ni los rendimientos productivos ni la calidad de la carne, tanto en machos como en hembras. Otro estudio (Ojediran et al., 2019) reveló que una sustitución de hasta un 37,5% del maíz por harina de galleta mejoraba la eficiencia en la conversión alimenticia y reducía los costos. Además, algunos cortes del cerdo, como el lomo, la panceta, las manitas o el jamón mostraron cambios significativos positivos en las propiedades organolépticas (en el color, la textura y la aceptabilidad global). Por lo tanto, la inclusión de la harina de galleta parece tener considerables efectos positivos.

FEDNA (2019), que incluye este ingrediente en el grupo de subproductos de cereales, recomienda unos límites máximos de inclusión de harina de galleta del 5% en lechones prestarter (<28 d) y del 10% en cerdos en transición (de 28 a 70 días de edad). En cuanto a animales de cebo, cerdas en período de gestación o lactación, el máximo sugerido es del 12%.

### **4.3. Bagazo de cerveza**

#### **4.3.1. Procesamiento de la cebada y obtención del bagazo.**

En 2022, España se posicionó como segundo país de la Unión Europea por detrás de Alemania, con mayor producción de cerveza alcanzando 41,5 millones de hectolitros. El sector cervecero español no solo destaca por su volumen de producción sino también por su papel económico. Ese mismo año, la cerveza contribuyó al PIB de nuestro país con más de 17.200 millones de euros. España es un importante productor de cebada con calidad cervecera con aproximadamente 2,4 millones de hectáreas (MAPA, 2023d).

El mosto consiste en una solución concentrada en azúcares. Este se genera combinando malta de cebada con agua en un macerador. En este proceso habrá un aumento gradual de temperatura para poder descomponer el almidón en azúcares fermentables y no fermentables. Además, en este proceso, las proteínas se descomponen. Finalmente se obtiene una mezcla de mosto con la parte insoluble y no degradada del grano de malta de cebada, que es lo que se conoce como bagazo de cerveza, que será el subproducto. Esta mezcla se filtra para poder separar el mosto del bagazo de cerveza (Figura 4) y así poder llevar el mosto a un tanque donde tenga lugar la fermentación y los azúcares se conviertan en alcohol (Mussatto et al., 2006; Mussatto, 2009).



Figura 4. Subproducto (bagazo) producido tras el proceso de elaboración de la cerveza (tomada de INTA, 2017).

#### 4.3.2. Valor nutritivo del bagazo de cerveza

La Tabla 5 muestra los resultados de la composición química de las muestras de bagazo de cerveza analizadas por NIR, así como los datos del mismo ingrediente publicados por FEDNA (2019).

Tabla 5. Comparación de la composición química de la pulpa de aceituna analizada por NIR, con los nutrientes expresados en % en base a materia fresca (incluye algunos coeficientes de variación, %) y los datos publicados por FEDNA.

	Bagazo de cerveza analizado	Bagazo de cerveza (FEDNA, 2019)	Bagazo de cerveza húmedo (FEDNA, 2019)
Humedad	48,6 (65%)	8,5	74,2
Cenizas	3,4 (1%)	3,6	3,9
Proteína bruta	21,8	24,3	26,3
Grasa bruta	9,1 (1%)	7,2	7,9
Fibra bruta	15,8 (1%)	14	17,8
Fibra neutro detergente	58,7	48,9	53,2
Fibra ácido detergente	26,8	20,5	27
Almidón	5,5	5	5,1
Azúcares	0,1	0,8	-

FEDNA (2019) recoge en su publicación que el bagazo de cerveza puede ofrecerse a los animales de dos formas: integral (su humedad se ha reducido previamente al 8,5%) o húmedo (dicha humedad asciende a casi el 75%). Para su inclusión en los piensos, la humedad debe estar por

debajo del 10-12% para evitar el enmohecimiento, como se ha comentado anteriormente. El bagazo se destaca por su contenido en proteína (>20%) y fibra (>14% de fibra bruta).

El promedio del bagazo de cerveza analizado muestra una similitud algo mayor con el húmedo de FEDNA, pero aun así sus valores nutritivos se sitúan entre el bagazo estándar y el húmedo. Solo la humedad muestra una variabilidad muy grande (un 65%) debido probablemente a que en el pool de muestras analizadas haya tanto de un tipo como del otro.

#### **4.3.3. Uso de bagazo de cerveza en alimentación porcina.**

Este es un subproducto que tiene escasa documentación sobre su inclusión en la alimentación porcina, pero mucha en animales rumiantes. Algunos estudios indican que a medida que se incrementa el nivel de este ingrediente en la dieta de lechones destetados y de cerdos de cebo, hasta aproximadamente el 20 y 30%, respectivamente, se reduce tanto la ingesta como la ganancia diaria, aunque puede evitarse no haciendo un uso excesivo. Además, la digestibilidad de los nutrientes disminuye, sobre todo debido a su alto contenido en fibra (Amoak et al., 2017; Mukasafari et al., 2018). Aunque a nivel digestivo no tiene beneficios, un aspecto positivo a nivel de salud es una considerable proporción de ácidos fenólicos, como el ácido ferúlico, que tiene propiedades antioxidantes, y en arabinosilanos, que tienen propiedades prebióticas, antioxidantes e inmunitarias (Cerisuelo & Bacha, 2021).

Por todo lo expuesto, FEDNA (2019) no recomienda su uso en dietas de lechones por debajo de los 28 días de edad, pero en las fases de 28-70 días de edad, en cebo, en cerdas en gestación y cerdas en lactación indica un límite máximo de inclusión en los piensos del 2, 6, 12 y 10%, respectivamente. FEDNA lo incluye en el grupo de subproductos de cereales.

#### **4.4. Pulpa de cítricos**

##### **4.4.1. Procesamiento de los cítricos y obtención de la pulpa**

España produce alrededor de 660 millones de litros de zumos y néctares (MAPA, 2022b). Este proceso genera un subproducto en grandes cantidades que se denomina genéricamente pulpa de cítricos (Figura 5), procediendo sobre todo de naranja, mandarina, limón y lima. Además, se obtienen otros subproductos, como las pieles, las semillas y la corteza. El proceso de obtención de la pulpa consiste en cuatro pasos; el primero es el lavado, consiguiendo así la eliminación de hojas y de pesticidas, después se lleva a cabo la separación de aceites esenciales contenidos en

la cáscara mediante presión mecánica del fruto, le sigue la obtención del zumo y por último se hace la separación de la pulpa, la piel, la membrana y las semillas. Al zumo se le somete a un proceso de filtración para poder obtener más restos de pulpa.



Figura 5. Subproducto (pulpa de cítricos) producida tras el proceso de obtención de los zumos (tomada de Campos-Granados y Arce-Vega, 2016).

#### **4.4.2. Valor nutritivo de la pulpa de cítricos**

La Tabla 6 muestra los resultados de la composición química de las muestras de pulpa de cítricos analizadas por NIR, así como los datos del mismo ingrediente publicados por FEDNA (2019).

La composición química de la pulpa de cítricos es muy variable, y esto se aprecia en dicha tabla con elevados coeficientes de variación prácticamente en todos los parámetros nutricionales, siendo el mayor el de la humedad (un 106%). La razón es que son numerosos los factores que pueden influir: el tipo de fruto, el grado de maduración, las condiciones de cultivo y el proceso de extracción del zumo. Desde un punto de vista nutritivo es un ingrediente comparable a la pulpa de remolacha, dada su elevada concentración en carbohidratos, su proporción apreciable de componentes de la pared celular y su bajo grado de lignificación. No obstante, existen algunas diferencias importantes. Así, la pulpa de cítricos contiene menos hemicelulosas (6 vs 20%) y fibra neutro detergente (25 vs 43%), pero más pectinas (25 vs 21%) y azúcares (23 vs 6%) que la pulpa de remolacha. Su contenido en extracto etéreo es también ligeramente superior. Como consecuencia, su valor energético es ligeramente más alto en rumiantes (+5%), porcino y conejos (+10%) y, sobre todo, en aves (1100 vs 900 kcal de energía metabolizable/kg). Es un ingrediente deficitario en proteína.

Tabla 6. Comparación de la composición química de la pulpa de cítricos analizada por NIR, con los nutrientes expresados en % en base a materia fresca (incluye sus correspondientes coeficientes de variación, %) y los datos publicados por FEDNA.

	Pulpa de cítricos analizada	Pulpa de cítricos (FEDNA, 2019)
Humedad	24,9 (106%)	10,8
Cenizas	5,3 (26%)	7,1
Proteína bruta	5,6 (12%)	6,1
Grasa fruta	1,2 (14%)	1,6
Fibra bruta	10,6 (18%)	12,2
Fibra neutro detergente	28,3 (7%)	24,6
Fibra ácido detergente	27,7 (24%)	18,5
Azúcares	-	22,8

El contenido en cenizas varía en función de las cantidades de hidróxido cálcico utilizadas para la neutralización del producto. Su proporción de minerales es muy desequilibrada, presentando niveles altos de Ca y bajos de P, Na, Cl y Mg. Por su elevado contenido en pectinas y azúcares, la pulpa de cítricos favorece la granulación. Se muele fácilmente y no resulta muy abrasiva.

#### **4.4.3. Uso de la pulpa de cítricos en alimentación porcina**

El uso de la pulpa de cítricos puede verse limitado por el alto contenido en fibra y por los factores antinutricionales.

Amorim et al. (2014) demostró que, en cerdos de un peso inicial aproximado de 26 kg y de 99 kg al final, la inclusión de un 15% de pulpa de cítricos mejoraba la ingesta media diaria en las dos primeras etapas del crecimiento (70-101 días, 102-130 días y 131-143 días). Además, no se mostraron efectos negativos en la canal.

Cerisuelo et al. (2010) detectaron, al incluir hasta un 10% de este subproducto en el pienso de cebo, una menor cantidad de bacterias patógenas, como las enterobacterias en el intestino, lo que indica mejor salud, y mayor contenido de ácido oleico en productos cárnicos curados. Estos autores recomiendan un proceso de adaptación de 3 a 4 semanas.

Un ensayo donde estudiaron, en cerdos de 77 kg niveles crecientes de inclusión de pulpa de cítricos (0, 50, 100 y 150 g de pulpa de cítricos ensilada/kg de pienso en base a materia seca) durante las últimas 5 semanas del cebo, mostró que la digestibilidad de la energía disminuía y la digestibilidad de la fibra neutro detergente y la fibra ácido detergente aumentaba. En cuanto a

las características de la canal se observó una disminución del rendimiento, pero un aumento en el engrasamiento. Además, puede mejorar la salud intestinal reduciendo las emisiones de amoníaco (NH<sub>3</sub>) de los purines. Con todo ello, se llegó a la conclusión de que una inclusión de hasta 100 g de pulpa/kg de dieta no afectaba negativamente, pero por encima ya hay efectos negativos (Moset et al., 2015).

Puede ser un ingrediente interesante en piensos de cerdas en gestación porque aumenta la viscosidad de la digesta y ralentiza la velocidad de tránsito generando saciedad lo que es interesante para su salud intestinal. Esta sensación de saciedad es muy positiva las relaja y manifiestan menos estereotipias. (García, 2019).

En cuanto a los límites máximos de inclusión recomendados por FEDNA (2019), en animales en la etapa prestarter (<28 d) no hay límites. Sin embargo, para los animales de las etapas de los 28-70 días de vida, de cebo, cerdas en gestación y cerdas en lactación nos encontramos con unos máximos de 3, 4, 11 y 8, respectivamente.

## **5. IMPACTO ECONÓMICO**

El objetivo del ejercicio práctico de formulación era comprobar cómo influye económicamente la inclusión de un nivel moderado de harina de galleta (un 6%) en dietas de cerdos de cebo comparando, además, el hecho de usar una composición química genérica, esto es usando los valores de referencia de FEDNA (2019), o bien la composición química analizada. Las tablas 7, 8 y 9 muestran la composición en ingredientes de las tres dietas, respectivamente. El valor nutricional de las tres fórmulas era similar puesto que tenía que cubrir las necesidades nutricionales de los cerdos de cebo, siendo en el caso de la dieta control: 11,3% de humedad, 4,3% de cenizas, 16,1% de proteína bruta, 12% de fibra neutro-detergente, 45% de almidón, 5% de grasa bruta.

Tabla 7. Composición y coste del pienso para cerdos en crecimiento sin harina de galleta.

INGREDIENTES	SOLUCIÓN	KG. MEZCLA	PRECIO
Trigo nacional	35,000	350,000	255
Maíz nacional	25,000	250,000	236
Harina de soja, 46% proteína bruta	17,396	173,961	468
Cebada nacional 2c	15,967	159,671	228
Aceite de palma	3,177	31,765	980
Carbonato cálcico	0,741	7,409	40
Lisina 50 líquida	0,738	7,383	1.400
Fosfato bicálcico	0,738	7,379	680
Sal	0,451	4,515	90
Corrector vitamínico-mineral	0,300	3,000	1.250
L-treonina	0,195	1,951	1.700
Metionina OH líquida	0,190	1,903	2.500
L-triptófano	0,049	0,494	10.500
L-valina	0,037	0,369	3.900
Szm qtb por 5000/500	0,010	0,100	7.725
Setnazyme porcino sv	0,010	0,100	7.200
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>1.000</b>	

Tabla 8. Composición y coste de la mezcla alimentaria para cerdos en crecimiento con harina de galleta al 6% cuyo valor nutricional procede de los valores de referencia de FEDNA (2019).

INGREDIENTES	SOLUCIÓN	KG. MEZCLA	PRECIO
Trigo nacional	35,000	350,001	255
Maíz nacional	25,000	250,000	236
Harina de soja, 46% proteína bruta	16,772	167,722	468
Harina de galleta (fedna 6%)	10,000	100,000	260
Cebada nac 2c/23	7,411	74,107	228
Aceite de palma	2,563	25,628	980
Lisina 50 liquid	0,774	7,737	1.400
Fosfato bicálcico	0,730	7,301	680
Carbonato cálcico	0,588	5,877	40
Sal	0,358	3,582	90
Corrector vitamínico-mineral	0,300	3,000	1.250
L-treonina	0,198	1,984	1.700
Metionina OH líquida	0,193	1,930	2.500
L-triptófano	0,052	0,517	10.500
L-valina	0,041	0,414	3.900
Szm qtb por 5000/500	0,010	0,100	7.725
Setnazyme porcino sv	0,010	0,100	7.200
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>1.000</b>	



Tabla 9. Composición y coste de la mezcla alimentaria para cerdos en crecimiento con harina de galleta cuyo valor nutricional procede de los valores analizados por NIR.

INGREDIENTES	SOLUCIÓN	KG. MEZCLA	PRECIO
Trigo nacional	35,000	350,000	255
Maíz nacional	25,000	250,000	236
Harina de soja, 46% proteína bruta	16,598	165,981	468
Harina de galleta (analizada por NIR)	10,000	100,000	260
Cebada nacional 2c	7,880	78,799	228
Aceite de palma	2,260	22,600	980
Lisina 50 líquida	0,779	7,786	1.400
Fosfato bicálcico	0,731	7,313	680
Carbonato cálcico	0,589	5,894	40
Sal	0,358	3,581	90
Corrector vitamínico-mineral	0,300	3,000	1.250
L-treonina	0,199	1,988	1.700
Metionina OH líquida	0,192	1,923	2.500
L-triptófano	0,052	0,519	10.500
L-valina	0,042	0,416	3.900
Szm qtb por 5000/500	0,010	0,100	7.725
Setnazyme porcino sv	0,010	0,100	7.200
<b>TOTAL</b>	100	1.000	

A continuación, la Figura 6 muestra la comparación de precios por Tm para los distintos piensos formulados.

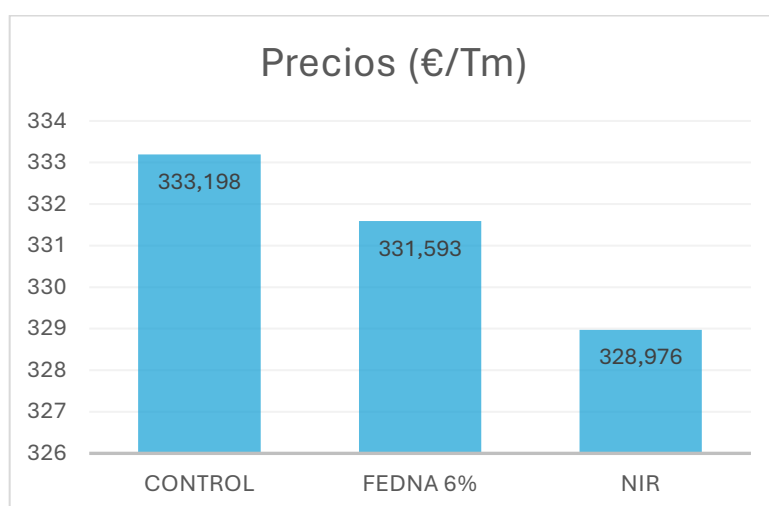


Figura 6. Comparación de precios por Tm para los distintos piensos formulados.

Como se puede observar, la inclusión de la harina de galleta como subproducto agroalimentario ofrece una disminución considerable en el precio de la formulación del pienso debido a su aporte energético a un menor precio, en comparación, con los cereales. Al utilizar la matriz nutricional de FEDNA se obtendría una reducción de 1,6 €/Tm. Sin embargo, al emplear los datos analizados por el NIR de las muestras reales, se puede observar una reducción del precio aún mayor, hasta los 4,2 €/Tm. Esto es debido a que la harina de galleta es muy rica en almidón y permite que se pueda reducir la cantidad de cebada casi a la mitad (Figura 7). Además, su alto contenido en grasa permite reducir la cantidad de aceite de palma, el componente más caro de todos. La mayor reducción en el precio se observa en la formulación con los datos obtenidos del NIR, ya que permite reducir más el aceite de palma. Aunque haya que utilizar algo más de cebada en comparación con la formulación basada en los valores de referencia de FEDNA, el costo más bajo de la cebada permite ese ahorro.

Todo esto confirma la importancia de tener un correcto y preciso control de calidad de las materias primas para ajustar los nutrientes de los ingredientes analizados con las especificaciones nutricionales de la fórmula. Ya que al tener unos valores más específicos y precisos nos permite hacer las fórmulas de alimentación de manera más efectiva para conseguir nuestro objetivo de no interferir en la salud de los animales y reducir los costos lo máximo posible.

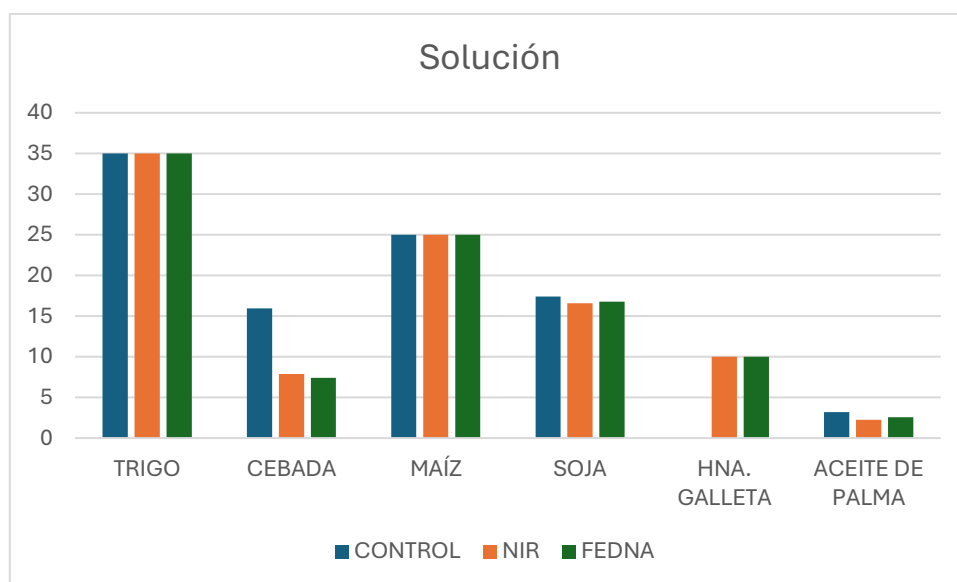


Figura 7. Distribución de ingredientes en diferentes mezclas de alimentación para piensos.

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se extraen de este trabajo son las siguientes:

1. En general, los subproductos agroalimentarios son de gran importancia en la alimentación ganadera debido a su contribución a la sostenibilidad ambiental, fomentando además la economía circular. No obstante, también tienen limitaciones y desventajas que hay que considerar para tal fin.
2. El valor nutritivo de los subproductos estudiados (pulpa de aceituna, la harina de bollería, el bagazo de cerveza y la pulpa de cítricos) puede ser interesante en alimentación porcina cuando se incluye a niveles moderados porque no perjudica el rendimiento de los animales y en algunos casos incluso mejora otros aspectos, como la pulpa de aceituna que afecta al perfil lipídico de la carne en cerdos de cebo, la harina de galleta que contribuye a la palatabilidad del alimento en lechones o la pulpa de cítricos que es beneficiosa para la salud intestinal y el bienestar de las cerdas gestantes.
3. Es clave una buena caracterización de estos ingredientes, dada la gran variabilidad que presentan en su composición química, así como un buen control de calidad.
4. El uso de estos subproductos puede reducir notablemente los costes de alimentación, pero es capital formular con la matriz nutricional de los ingredientes que se tengan en stock en las fábricas de pienso y no con datos obtenidos de la literatura.

## **8. CONCLUSIONS**

The conclusions drawn from this work are the following:

1. In general, agri-food by-products are of great importance in livestock feed because of their contribution to environmental sustainability, also promoting the circular economy. However, they also have limitations and disadvantages that need to be considered for this purpose.
2. The nutritional value of the by-products studied (olive pulp, from bakery, brewer's spent grain and citrus pulp) can be of interest in pig feed when included at moderate levels because it does not harm animal performance and in some cases even improves other aspects, such as olive pulp which affects the lipid profile of meat in fattening pigs, biscuit meal which contributes to the palatability of feed in piglets or citrus pulp which is beneficial for the intestinal health and welfare of pregnant sows.
3. A good characterization of these ingredients is key, given the great variability in their chemical composition, and good quality control.
4. The use of these by-products can significantly reduce feed costs, but it is essential to formulate with the nutritional matrix of the ingredients in stock in the feed mills and not with data obtained from the literature.

## **9. VALORACIÓN PERSONAL**

La realización de este trabajo me ha permitido adquirir un conocimiento más profundo sobre la importancia de los subproductos agroalimentarios en la alimentación porcina y cómo estos pueden beneficiar a la industria mediante prácticas más sostenibles y eficientes. Aunque la idea principal era realizar los análisis en el laboratorio de la Facultad de Veterinaria, finalmente se emplearon datos aportados por ADM y gracias a ello surgió la idea de visitar una fábrica de piensos (Pensos Costa en Fraga, Huesca) que me pareció muy enriquecedor verlo en persona y supe realmente cómo funcionaba el análisis proporcionado por NIR.

Esta investigación me ha confirmado la necesidad de innovar en el sector agroalimentario, con alternativas económica y ambientalmente beneficiosas.

Este trabajo me ha permitido ampliar mi visión sobre la sostenibilidad en la producción animal. Agradezco a mis tutores, M<sup>a</sup> Ángeles Latorre Górriz y Alberto Auseré Holguín, por su invaluable ayuda y dedicación, sin los cuales este trabajo no habría sido posible.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Albuquerque, J. A., González, J., García, D., & Cegarra, J. (2004). Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*, 91(2), 195-200.
- Alcaide, E. M., & Nefzaoui, A. (1996). Recycling of olive oil by-products: possibilities of utilization in animal nutrition. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 38(3-4), 227-235.
- Alonso, I. (2021). El agua como nutriente esencial en producción porcina. *Anaporc: revista de la Asociación de Porcinocultura Científica*, 18(186), 18-24.
- Alfonso D., Brines N., Peñalvo E., Vargas C.A., Pascual A., Ruzi B. (2010). Cuantificación de Materias Primas Alimentarias de Origen Vegetal. Ed. MINECO, Madrid. 80
- Amoah, K. O., Asiedu, P., Wallace, P., Bumbie, G. Z., & Rhule, S. W. A. (2017). The performance of pigs at different phases of growth on sun-dried brewers spent grain. *Livestock Research Rural Development*, 29 (5).
- Amorim, A. B., Thomaz, M. C., Ruiz, U. do S., Martinez, J. F., Pascoal, L. A. F., Daniel, E., Watanabe, P. H., & Rosalen, D. L. (2014). Citrus pulp and enzyme complex for growing and finishing pigs. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*.
- Bacha, F. (2020). Materias primas: harina de galleta, subproducto de panadería, productos de panadería y de fabricación de pasta alimenticias. *nutriNews*, (Edición junio 2020), 29-36.
- Cámara, L., Berrocoso, J. D., Sánchez, J., López-Bote, C. J., & Mateos, G. G. (2014). Influence of net energy content of the diets on productive performance and carcass merit of gilts, boars and immunocastrated males slaughtered at 120kg BW. *Meat Science*, 98(4), 773-780.
- Campos-Granados y Arce-Vega (2016) Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical* 10(2): 91-113.
- Cerisuelo, A. & Bacha, F. (2021). Materias primas: Bagazo de cerveza. *nutriNews*, (Edición junio 2021), 6-13.
- Cerisuelo, A., Castelló, L., Moset, V., Martínez, M., Hernández, P., Piquer, O., Gómez, E., Gasa, J., & Lainez, M. (2010). The inclusion of ensiled citrus pulp in diets for growing pigs: Effects on voluntary intake, growth performance, gut microbiology and meat quality. *Livestock Science*, 134(1-3), 180-182.

- CESFAC (2023). Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales. Recuperado el 7/07/2024: <https://cesfac.es/es/>
- FAO (2023) Estadísticas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 7/07/2024: <https://www.fao.org/common-pages/common-elements/top-navigation-content-2022/statistics/es/>
- FEDNA (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino (2a edición). Coord. De Blas, C., Gasa, J., & Mateos, G. G. Ed. Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal. [https://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/normas%20porcino\\_2013rev2\\_0.pdf](https://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/normas%20porcino_2013rev2_0.pdf)
- FEDNA (2019) Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Coordinada por de Blas C, Garía-Rebollar P, Gorrachategui M y Mateos GG. Ed. *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. 604.
- Ferrer, P., Calvet, S., Piquer, O., Rebollar, P. G., 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. Book of Abstracts*, 2.
- Ferrer, P., De Blas, C., García-Rebollar, P., Calvet, S., Rodríguez, C., Piquer, O., ... & Cerisuelo, A. (2017). Pulpa de aceituna en alimentación de porcino: valor nutricional y rendimientos productivos. In XVI Jornadas sobre Producción Animal (108-110).
- Ferrer, P., García-Rebollar, P., De Blas, C., Calvet, S., Rodríguez, C.A., Piquer, O., Cerisuelo, A. (2019). Nutritional value of dehydrated and sun dried orange pulp in finishing pigs and effects on nitrogen balance and gaseous emissions. *Animal Feed Science and Technology*.
- García, P. (2019). Materias primas: Pulpa de cítricos. *nutriNews*, (Edición marzo 2019), 18-25.
- Gaudré, D., Roques, C., & Roca, X. (2012). Utilisation d'un coproduit de biscuiterie dans l'alimentation des porcs en engraissement et en post-sevrage. *Journées Recherche Porcine*, 44, 195-196.
- Heuzé V., Thiollet H., Tran G., Boudon A., Bastianelli D., Lebas F. (2018). Bakery waste. *Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO*. Recuperada el 10/07/2024: <https://feedipedia.org/node/70>
- Higgins, C. (2011). Study Recommends Olive Oil Byproduct as Organic Fertilizer. Recuperada el 10/07/2024: <https://www.oliveoiltimes.com/production/olive-oil-byproducts-organic-fertilizer>

- INTA. (2017). Bagazo de cebada, una alternativa para alimentar al ganado. Recuperada el 10/07/2024: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible>
- 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.
- Llotja de Cereals de Barcelona. (2024). Preus sem 22 de 2024. *Llotja de Cereals*. Recuperado el 31/05/2024: [https://www.llotjadecereals.com/wp-content/uploads/2024/05/Preus-22\\_2024-.pdf](https://www.llotjadecereals.com/wp-content/uploads/2024/05/Preus-22_2024-.pdf)
- Luciano, A., Espinosa, C. D., Pinotti, L., & Stein, H. H. (2022). Standardized total tract digestibility of phosphorus in bakery meal fed to pigs and effects of bakery meal on growth performance of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 284.
- Mas, G., Llavall, M., Coll, D., Roca, R., Diaz, I., Gispert, M., ... & Realini, C. E. (2010). Carcass and meat quality characteristics and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and gilts fed an elevated monounsaturated fat diet. *Meat Science*, 85(4), 707-714.
- MAPA (2022a). Indicadores económicos del sector porcino 2022. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 14/03/2024 de: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicossectorporcino2022\\_tcm30-564427.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicossectorporcino2022_tcm30-564427.pdf)
- MAPA (2022b). Informe del consumo alimentario en España 2022. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 10/07/2024: [https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-2022-baja-res\\_tcm30-655390.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-2022-baja-res_tcm30-655390.pdf)
- MAPA (2023a). Informe histórico de estimación de precios de piensos en €/t. Dirección General de Producciones y Mercados Agrario. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 22/04/2024: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/alimentacion-animal/historicodeestimacionpreciospiensosmarzo2024\\_tcm30-679609.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/alimentacion-animal/historicodeestimacionpreciospiensosmarzo2024_tcm30-679609.pdf)
- MAPA (2023b). Estadísticas de mercados agrícolas y ganaderos. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 10/07/2024: [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/mercados\\_agricolas\\_ganaderos.aspx](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/mercados_agricolas_ganaderos.aspx)



- MAPA (2023c). Estadísticas del aceite de oliva. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 10/07/2024: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/aceite-oliva-y-aceituna-mesa/aceite.aspx>
- MAPA (2023d). Informe Socioeconómico del Sector de la Cerveza en España 2023. Cerveceros de España. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 10/07/2024: [https://cerveceros.org/uploads/6669bc999bca5\\_Informe%20Socioeconomico%202023%20final%20pgs%20simples.pdf](https://cerveceros.org/uploads/6669bc999bca5_Informe%20Socioeconomico%202023%20final%20pgs%20simples.pdf)
- Moset, V., Piquer, O., Cervera, C., Fernández, C. J., Hernández, P., & Cerisuelo, A. (2015). Ensiled citrus pulp as a by-product feedstuff for finishing pigs: Nutritional value and effects on intestinal microflora and carcass quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(3).
- Mukasafari, M. A., Ambula, M. K., Karege, C., & King'ori, A. M. (2018). Effects of substituting sow and weaner meal with brewers' spent grains on the performance of growing pigs in Rwanda. *Tropical animal health and production*, 50, 393-398.
- Mussatto, S. I. (2009). Biotechnological potential of brewing industry by-products. *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation: utilisation of agro-residues*, 313-326.
- 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.
- Ojediran, T., Bamigboye, D., Olonade, G., Ajayi, A., & Emiola, I. (2019). Growth response, cost benefit, carcass characteristics and organoleptic properties of pigs fed biscuit dough as a replacement for maize. *Acta fytotechn et zootechn*, 22(2), 58-63.
- Palomo, A. (2021). La importancia del agua en la producción porcina. *Albéitar*, (245), 12-16.
- Vastolo, A., Calabrò, S., Liotta, L., Musco, N., Di Rosa, A. R., Cutrignelli, M. I., & Chiofalo, B. (2019). In Vitro Fermentation and Chemical Characteristics of Mediterranean By-Products for Swine Nutrition. *Animals*, 9(8), 556.