

DEL CERDO... HASTA LOS ANDARES

EL CERDO HA DEJADO DE SER SOLO UN ALIMENTO PARA CONVERTIRSE TAMBIÉN EN UNA FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGÍA Y PRODUCTOS VALORIZABLES AGRONÓMICAMENTE. ES AHORA MÁS QUE NUNCA CUANDO EL TRADICIONAL DICHO “DEL CERDO SE APROVECHA TODO”, COBRA SU PLENO SENTIDO.

Tanto en las actividades ganadera y de transformación agroalimentaria, como en la mayoría de actividades desarrolladas por el hombre, además de generarse el producto objeto del proceso productivo, se generan subproductos y residuos.

Por ejemplo, solo entre un 32% y un 80% en peso (dependiendo de la especie) de los animales sacrificados en un matadero es destinado a consumo humano, siendo la fracción restante destinada a subproductos. La producción de estos últimos se acerca a los 20 millones de toneladas (Mt) anuales tan solo en Europa.

España ocupa el tercer puesto entre los países europeos en cuanto a volumen de subproductos animales transformados, tan solo por detrás de Francia y Alemania, alcanzando casi los 2 Mt anuales.

La gestión actual de estos subproductos supone un grave problema medioambiental, por el volumen que representan y por la escasa o nula valorización que se hace de muchos de ellos. Este problema es especialmente significativo en el caso de la gestión de los cadáveres de porcino. En este sentido, se debe tener en cuenta que Europa es el segundo productor mundial de porcino con un censo de 148,3 millones de cabezas en 2014. Por países europeos, España es el segundo país (tan solo detrás de Alemania) con un censo en 2014 de 26,6 millones de cabezas.

Las encuestas de sacrificio de ganado revelan cantidades aún mayores. Solo de porcino fueron sacrificados en 2014 más de 251 millones de animales en Europa, de los cuales, 43 millones provenían de España. En base al censo anterior, se estima que anualmente la generación de restos de cadáveres de porcino en Europa y España es de 5,4 y 0,9 Mt, respectivamente. Por ello, la búsqueda de una alternativa eficaz a la gestión de los cadáveres de porcino es un objetivo nacional y europeo prioritario.

Otra problemática asociada a la industria porcina es la generación de ingentes cantidades de purines. Según la Comisión Europea, la producción de estiércol de toda la UE se estima en 1.400 Mt, siendo Francia la mayor productora, seguida de Alemania, Reino Unido y España, por ese orden.

En España, se estima que cada año se originan unos 140 Mt de estiércoles y purines aportando el sector del vacuno y del porcino un 50% y un 40% de esta canti-

Figura 1. Proceso VALPORC de valorización de subproductos animales. Fuente: www.lifevalporc.eu | Figure 1. VALPORC process for the recovery of animal by-products. Source: www.lifevalporc.eu

MAKING THE MOST OF THE PIG

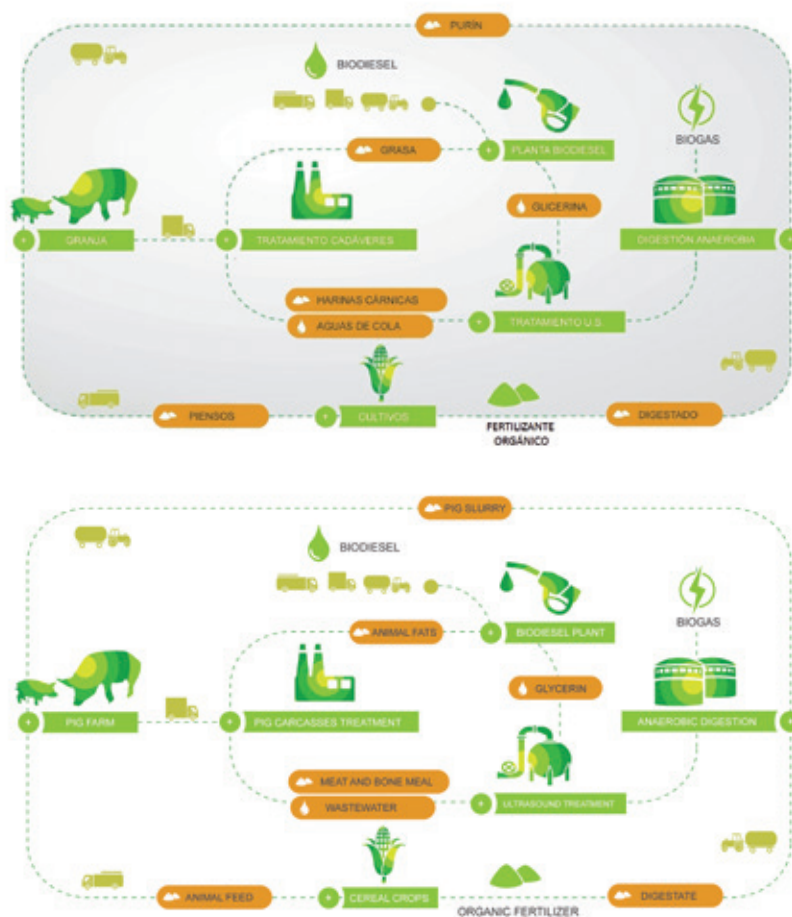
THE PIG IS NO LONGER SIMPLY A SOURCE OF FOOD. IT HAS NOW BECOME AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY, AS WELL AS A SOURCE OF PRODUCTS THAT CAN BE RECOVERED AND USED IN AGRICULTURE. IT IS ONLY NOW THAT THE TRADITIONAL SPANISH CULINARY SAYING “DEL CERDO SE APROVECHA TODO” (THE ENTIRE PIG IS AVAILED OF) HAS TRULY BECOME A REALITY.

As is the case with most human activities, livestock and agro-food processing, apart from generating the product that is the object of the activity, also generates by-products and waste.

For example, only between 32% and 80% (depending on the species) of animals slaughtered in abattoirs is suitable for human consumption, with the remaining fraction being used for the production of by-products. Almost 20 million metric tonnes (MMT) of such by-products are generated in Europe alone every year.

Spain, with a total of almost 2 MMT per annum, is third in the list of European countries in terms of volume of animal by-products processed, behind only France and Germany.

Current management of these by-products represents a serious environmental problem, because of the volume and also due to the fact that there is little or no recovery of many of these by-products. This problem is particularly significant in the area of pig carcass management. In this respect, it should be borne in mind that Europe is the world's second largest producer of pigs, with a census of over 148.3 million



dad, respectivamente. La mayor parte no pueden ser aprovechados directamente como abono porque habría sobre-nitrificación del suelo. Además, muchas explotaciones ganaderas proceden de la ganadería intensiva, donde no existe una actividad agrícola asociada, por lo tanto los purines se convierten en un problema.

La cantidad de residuos tanto ganaderos como agroalimentarios indicados en los párrafos anteriores da idea tanto del volumen del problema, como de la gran cantidad de materias primas de que se dispone, que bien aprovechadas permiten obtener un gran abanico de posibilidades, tanto desde el punto de vista energético, como de obtención de fertilizantes, de extracción de principios activos, etc. Como dato significativo indicar que, únicamente con los residuos agroalimentarios de los que se dispone en España, se podrían generar 2.600 Mm³/año de biogás, el equivalente al 4,2% de la producción anual de gas natural.

Con el proyecto VALPORC se propone una alternativa sostenible a la gestión de los cadáveres de porcino y purines (Figura 1), abordando la problemática medioambiental derivada de su gestión actual y valorizando estos residuos mediante su transformación en biocombustibles (biogás y biodiésel) y fertilizantes orgánicos, con el correspondiente valor añadido medioambiental y socioeconómico que ello conlleva.

Sostenibilidad en la gestión de residuos porcinos

El sistema de valorización de cadáveres porcinos y purines propuesto en el proyecto VALPORC incluye como primera fase una etapa de transformación o rendering de subproductos porcinos de categoría 2, proceso aplicado en la actualidad solo a los materiales clasificados como categoría 3 (normativa SANDACH), como alternativa a la gestión actual de cadáveres porcinos por incineración. Esta etapa incluye un estricto tratamiento de higienización. El prototipo de tratamiento de cadáveres de 1 t/día de capacidad de procesamiento, actualmente en construcción, está diseñado para optimizar energéticamente el proceso de producción de harinas y grasas y fomentar la valorización segura de estos subproductos.

Las grasas generadas en la etapa anterior entrarán a un proceso de generación de biodiésel. La tecnología empleada en este caso será la de cavitación. La cavitación hidrodinámica es un fenómeno en el que se generan pequeñas burbujas de vapor en el seno de un líquido y se libera una gran cantidad de energía a nivel local. Se ha demostrado que la cavitación es efectiva para acelerar la síntesis de biodiésel en condiciones ambientales y que la aplicación de la cavitación a la reacción de esterificación de aceites permite obtener rendimientos del 90%, empleando la mitad del tiempo de reacción que en un reactor convencional.

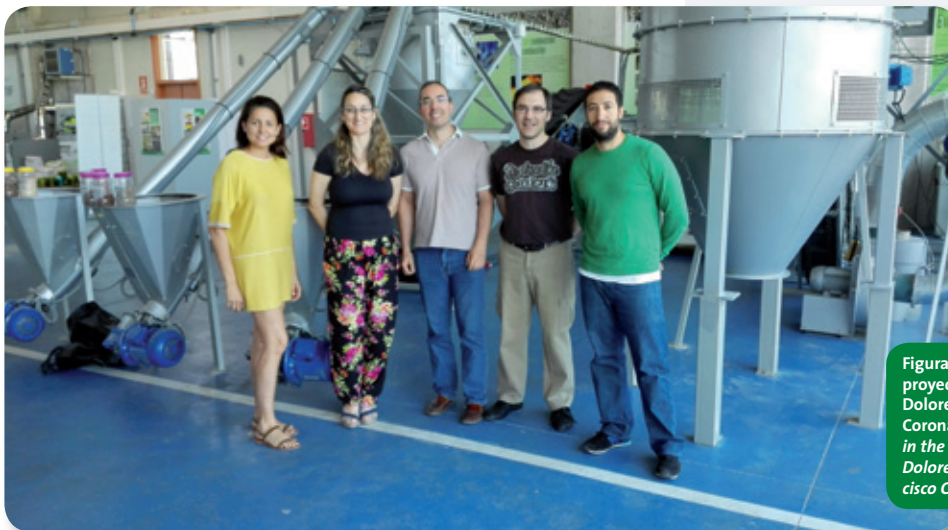


Figura 2. Equipo de Fundación CARTIF participante en el proyecto VALPORC. De izquierda a derecha: Ana Urueña, Dolores Hidalgo, Jesús M^a Martín, David Díez y Francisco Corona. | Figure 2. Fundación CARTIF team participating in the VALPORC project. From left to right: Ana Urueña, Dolores Hidalgo, Jesús M^a Martín, David Díez and Francisco Corona.

head in 2014. Spain is the second largest pig producer in Europe (behind only Germany), with a 2014 census of 26.6 million head.

Statistics for livestock slaughter reveal even higher figures. 251 million pigs were slaughtered in 2014, 43 million of which were from Spain. Based on the previous census, it is estimated that the generation of pig carcass remains in Europe and Spain is 5.4 MMT and 0.9 MMT, respectively. For this reason, finding an efficient alternative for pig carcass management is a priority in Spain and in Europe.

Another problem associated with the pig industry is the generation of enormous quantities of manure. The European Commission estimates total EU pig manure production of 1,400 MMT. France is the largest producer, followed by Germany, the UK, and Spain, in that order.

It is estimated that around 140 MMT of slurry and manure is produced in Spain every year, 50% of which comes from cattle and 40% from pigs. Most of this cannot be used directly as fertiliser because it would result in excessive nitrification of soil. Moreover, many farms operate intensive livestock breeding, without associated crop cultivation, meaning that manure production is a problem.

The quantities of both livestock and agro-food waste outlined above provide an idea of both the volume of the problem and the enormous quantities of potential raw materials. If availed of, these raw materials would open up a wide range of possibilities, in terms of energy, fertilisers, extraction of active ingredients, etc. Of significance is the fact that the agro-food waste available in Spain would enable the generation of 2,600 million m³/annum of biogas, the equivalent of 4.2 % of annual natural gas production.

The VALPORC project proposes a sustainable alternative to pig carcass and slurry management (Figure 1). It addresses the environmental problem associated with current management and seeks to recover these wastes by converting them into biofuels (biogas and biodiesel) and organic fertilisers, with all the corresponding environmental and socioeconomic benefits that this will afford.

Sustainability in pig waste management

The pig carcass and manure recovery system proposed in the VALPORC project features a first stage of transformation or rendering of category 2 pig by-products (a process currently implemented only with category 3 materials - SANDACH) as an alternative to current pig carcass management by incineration. This stage includes strict hygienisation treatment. The prototype with a carcass processing capacity of 1 t/d is

Las diferentes corrientes: harinas cárnicas (con restos de grasa), las aguas de proceso, la glicerina generada durante la fabricación de biodiesel y los purines procedentes de explotaciones ganaderas cercanas, serán codigeridas en una planta de digestión anaerobia en dos fases con pretratamiento de ultrasonidos. La etapa de ultrasonidos permite acelerar la hidrólisis de los sustratos. En ensayos previos realizados por este grupo de investigación (Figura 2) con purines se ha conseguido duplicar la producción de metano cuando estos eran pretratados con ultrasonidos. Por su parte, la digestión anaerobia en dos fases, con la acidogénesis y la metanogénesis teniendo lugar en reactores separados, va a permitir controlar el efecto inhibitorio sobre la población microbiana de ciertos compuestos liberados durante el proceso de fermentación de estos sustratos (principalmente, ácidos grasos de cadena larga y nitrógeno amoniacal).

Las ventajas potenciales de la digestión en dos fases frente al tradicional sistema en una fase a la hora de tratar sustancias complejas son muchas: menor tiempo de retención, mayor eficiencia de la conversión a metano y mayor concentración de metano en el biogás producido. Además, este diseño permite incrementar la estabilidad de los procesos, reducir el volumen total de reactor y la codigestión alivia el efecto inhibitorio producido por altas concentraciones de lípidos (grasas) y proteínas (harinas).

La fracción de materia orgánica remanente en el digestato, junto con los nutrientes que no hayan sido transformados en el proceso y otros subproductos del proceso global (aguas ácidas) serán aprovechados como fertilizante, lo que repercutirá en un ahorro en fertilizantes químicos. En función de la disponibilidad de terreno para su aplicación, este biofertilizante podrá ser utilizado directamente o transformado, si la aplicación directa no es posible, en un compuesto con propiedades agronómicas que aproveche los productos remanentes de valor para las plantas (estruvita, biochar, etc.) (Figura 3).

Beneficios socio-económicos del modelo propuesto

Aparte de los claros beneficios medioambientales del modelo propuesto, existen otros beneficios colaterales no menos importantes. Diferentes sectores económicos se verán directamente beneficiados con la implementación de este proceso:

Sector ganadero

Actualmente los ganaderos están obligados a pagar un canon por la gestión de cadáveres, cuyo coste se ha incrementado exponencialmente en los últimos años. El proyecto VALPORC pretende contribuir a reducir el coste que supone esta gestión y, por lo tanto, a incrementar la competitividad del sector.

Sector biogás

El modelo VALPORC permitirá, mediante el empleo de pretratamiento con ultrasonidos y la

currently being built and is designed to optimise the energy efficiency of the process for the production of animal meals and fats, and to foster the safe recovery of these by-products.

The fats generated in the previous stage enter a biodiesel generation process, for which cavitation technology will be implemented. Hydrodynamic cavitation is a phenomenon in which small steam bubbles are generated within a liquid and a great deal of energy is released at local level. It has been demonstrated that cavitation is effective for the acceleration of biodiesel synthesis in ambient conditions and that the application of cavitation to the reaction for the esterification of oils can obtain efficiencies of 90%, whilst halving the reaction time of a conventional reactor.

The different streams: meat and bone meal (with residual fat), process waters, the glycerine generated during biodiesel production and the manure from nearby livestock farms will be co-digested in two stages in an anaerobic digestion plant with ultrasound pretreatment. The ultrasound stage will facilitate acceleration of hydrolysis of the substrates. In preliminary tests with manure carried out by this research team (Figure 2), twice as much methane production was achieved when the manure underwent ultrasound pretreatment. Moreover, anaerobic digestion in two stages, with the acidogenesis and methanogenesis taking place in different reactors will enable control of the inhibiting effect on the microbial population of certain compounds released during the fermentation process of these substrates (mainly long-chain fatty acids and ammoniacal nitrogen).

There are many potential advantages of digestion in two stages compared to traditional single-stage digestion when treating complex substances: lower retention time, greater methane conversion efficiency, and higher concentration of methane in the biogas produced. Moreover, this design enables process stability to be increased and the total volume of the reactor to be

reduced. Co-digestion also mitigates the inhibiting effect produced by high concentrations of lipids (fats) and proteins (meat and bone meals).

The organic fraction remaining in the digestate, along with the nutrients not transformed in the process and other by-products of the overall process (acidic water), will be used as fertiliser, giving rise to a reduction in the use of chemical fertilisers. Depending on the availability of land for its application, this biofertiliser can be used directly, or if this is not possible, it can be converted into a compound with agricultural properties to avail of the remaining products of value for the plants (struvite, biochar, etc.) (Figure 3).



Figura 3. Reactor en lecho fluidizado de cristalización de estruvita. | Figure 3. Fluidised bed reactor for crystallisation of struvite.

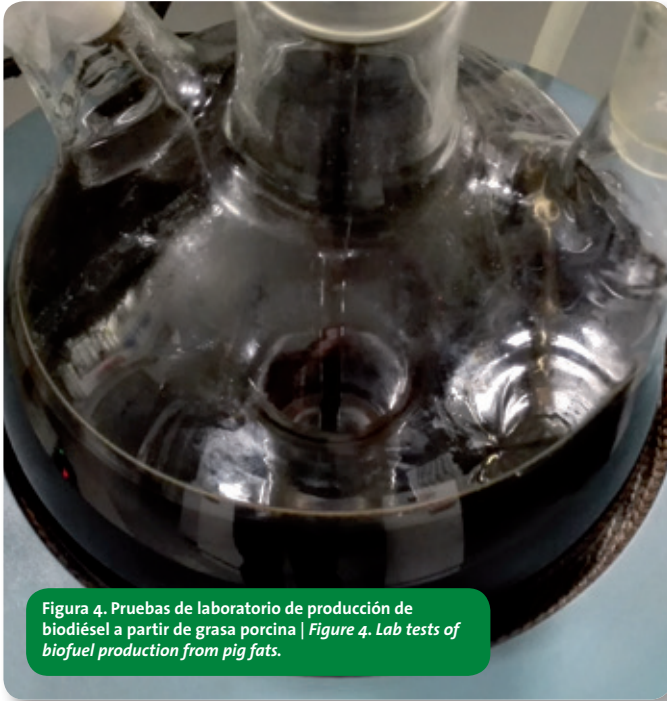


Figura 4. Pruebas de laboratorio de producción de biodiésel a partir de grasa porcina | Figure 4. Lab tests of biofuel production from pig fats.

digestión en dos fases, la metanización de sustratos complejos difíciles de procesar en sistemas convencionales. Este sector además se vería beneficiado, no solo por poder disponer de nuevas materias primas con alto potencial metanogénico, sino por la posibilidad de poder llegar a cobrar por la gestión de estas corrientes.

Sector biodiésel

El empleo de grasa de origen animal para la obtención de biodiésel (Fig. 4), permitirá incrementar la viabilidad del sector, ya que se empleará una materia prima de bajo o nulo coste. Actualmente la viabilidad de las plantas de biodiésel está amenazada debido principalmente al elevado coste de las materias primas empleadas (aceites vegetales).

Además el hecho de emplear reactores de cavitación permitirá reducir los costes de operación debida a la menor demanda de reactivos y catalizadores, abaratando con ello también los posteriores procesos de purificación.

Sector agrícola

Otro de los productos generados en el proyecto es un fertilizante orgánico constituido por el digestato generado en el proceso de digestión anaerobia, y por las aguas ácidas (ricas en azufre) procedentes del proceso de obtención de biodiésel. Este fertilizante orgánico permitirá sustituir a los fertilizantes inorgánicos tradicionales, cuyo coste sigue incrementándose año tras año.

El empleo de este fertilizante contribuirá a reducir los costes de producción de los agricultores, lo que repercutirá en el precio de los cereales y afectará también positivamente al sector ganadero al reducir el coste de los piensos.



Socioeconomic benefits of the proposed model

Apart from the obvious environmental benefits of the proposed model, there are other collateral benefits of no less importance. A number of economic sectors will benefit directly from the implementation of this process:

Livestock sector

Livestock farmers are currently obliged to pay a carcass management

levy, a levy which has risen exponentially in recent years. The VALPORC project will help to reduce this cost and thus increase the competitiveness of the sector.

Biogas sector

The VALPORC model, through the implementation of ultrasound pretreatment and digestion in two stages, will enable the methanisation of complex substrates that are difficult to process in conventional systems. Moreover, this sector will benefit, not only from the availability of new raw materials with a high methanogenic potential, but also from the possibility of revenues arising from the management of these streams.

Biodiesel sector

The use of animal fat to obtain biodiesel (Fig. 4) will aid the viability of the sector, through the use of a low-cost or no-cost raw material. The viability of biodiesel plants is currently in jeopardy, mainly due to the high cost of the raw materials used (vegetable oils). Moreover, the implementation of cavitation reactors will enable a reduction in operating costs, owing to the lower demand for reagents and catalysts, thereby also reducing the cost of subsequent purification processes.

Agricultural sector

Another product generated by the project is an organic fertiliser composed of the digestate from the anaerobic digestion process and the (sulphur-rich) acidic water generated in the process to obtain biodiesel. This organic fertiliser will enable the substitution of traditional inorganic fertilisers, the cost of which continues to rise, year after year. The use of this fertiliser will help to reduce the production costs of farmers, which will have ramifications for the price of cereals and will also have a positive effect on the livestock sector by reducing animal feed costs.



Dra. M. Dolores Hidalgo Barrio

CARTIF Centro Tecnológico – ITAP Universidad de Valladolid
 CARTIF Technology Centre – Institute of Advanced Production Technologies
 (ITAP) Universidad de Valladolid