



¿Cama de estabulación para vacuno de leche a partir de la fracción sólida higienizada de sus purines?

Presentamos un estudio experimental en el que se analizaron las características del proceso de preparación de un material idóneo para las camas de estabulación a partir de la fracción sólida de los purines de vacuno de leche, con el objetivo de mitigar el impacto medioambiental y disminuir los gastos de la explotación.

Josep Turet¹, Carles Eduard Izquierdo², Marçal Castells³, Valentí Turet⁴

¹PDI de la Facultad de Ciencias y Tecnología y miembro del Centro Tecnológico BETA, Universidad de Vic, Universidad Central de Cataluña

²Estudiante en prácticas de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Vic, Universidad Central de Cataluña

³Departamento de Ingeniería, Mecàniques Segalés, SL

⁴Asesor en biología y tratamientos medioambientales, Turet Biòlegs

En la actualidad prácticamente todo el mundo ya es consciente de la gran problemática ambiental que conllevan las deyecciones ganaderas mal gestionadas (Turet *et al.*, 2013). El sector del vacuno ocupa, en unidades ganaderas (UG), la segunda posición en importancia en los censos ganaderos de España; su peso, ligado a más de 4.000.000 UG (MAPAMA, 2017), conlleva una producción realmente impactante de deyecciones, las cuales deben ser gestionadas racionalmente. Dentro de este ámbito, cabe destacar también la gran importancia del sector vacuno lechero, con un censo, en abril de 2019, de 838.900 vacas en ordeño y 274.207 novillas (MAPAMA, 2019).

Mecàniques Segalés es una empresa que se ha especializado en el tratamiento de las deyecciones ganaderas. Su itinerario es el de aportar soluciones prácticas a los ganaderos, buscando constantemente la innovación de nuevos productos para dar soluciones medioambien-

tales y, al mismo tiempo, disminuir los gastos económicos de las explotaciones ganaderas. En esta línea, la empresa ha promovido un estudio experimental para evaluar un tratamiento higienizador de la fracción sólida de los purines de las vacas lecheras para su reutilización como cama de estabulación. Por lo tanto, la meta perseguida ha sido la de transformar parte del purín de las explotaciones de vacuno de leche, la fracción sólida, en un producto a reutilizar en la propia explotación. Así, no solo se da salida a una parte de las deyecciones, sino que hay un ahorro económico al disminuir o anular la compra de los sustratos utilizados en las camas.

Hay otro punto muy importante a considerar. Nos referimos a que el proceso de fabricación del sustrato de la cama, realizado en la misma explotación, puede estar bajo el control del mismo ganadero, quien no solo cuida de la buena separación de las fracciones sólida y líquida de los purines (separador sólido-líquido), sino que, a continuación, puede supervisar que la fracción

sólida tenga un tratamiento térmico adecuado, gracias a un proceso microbiológico aeróbico y termófilo, típico del arranque de un proceso de compostaje, que reduce el contenido hídrico del material y lo higieniza (reducción del número de patógenos a niveles aceptables para la salud).

OBJETIVOS

El objetivo general que se fijó en este estudio experimental fue el de conocer las características del proceso de preparación de un material idóneo, tanto a nivel físico-químico como microbiológico, para cama de estabulación a partir de la fracción sólida de los purines de vacuno de leche. Los objetivos específicos a alcanzar fueron:

- Demostrar que el simple proceso de entrada en la fase de temperaturas elevadas (termófila) de un proceso de compostaje es suficiente para una buena higienización de la fracción sólida del purín de vacuno.
- Determinar las diferencias obtenidas entre los resultados de dos tipos de pilas de higienización de

► ESTA SEPARACIÓN GENERA DOS TIPOS DE EFLUENTES: LA FRACCIÓN LÍQUIDA PARA REUTILIZACIÓN AGRÍCOLA, Y LA SÓLIDA, PARA REUTILIZAR COMO CAMA EN LA EXPLOTACIÓN

constitución diferente para criterios de cama distintos.

- Comprobar que la energía requerida por el proceso de higienización es asumible por el ganadero.
- Conocer la idoneidad de las instalaciones utilizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Separación física de fracciones

El purín vacuno se trató físicamente mediante el separador MS-250 de Mecàniques Segalés, el cual ya venía realizando esta función desde hacía diez años en la explotación donde se realizó el proceso experimental. Cabe decir que, aunque en todo momento el aparato utilizado mostró idoneidad y robustez para su come-

SOLUCIONES AGROPECUARIAS MIKEL IRAZU Tel.: +34 676 897 112

mikelirazu@reckiberica.com
solugienemikel@gmail.com
Tel.: 0034 676 897 112

Reck

Agratechnik Landmaschinen Iberica SL

MIKEL IRAZU

Departamento Técnico Comercial España-Portugal

STORTH

EXPERTS IN SLURRY MANAGEMENT

Tel.: 0034 982 314 143
Móvil: 0034 676 897 112
27250 Castro de Rei, Lugo

mikelirazu@reckiberica.es
www.reckiberica.es

Slotsmid

PIONEROS EN GESTIÓN DE PURINES

ROCA

Silos de pienso y depósitos de agua

SEGURIDAD
GARANTÍA

Fabricados en
poliéster



Film estirable y agrícola
TECNOLOGÍA ALEMANA



MIKEL IRAZU
Distribuidor oficial País Vasco/Navarra/La Rioja



La nueva arma contra la
cojera de las vacas lecheras



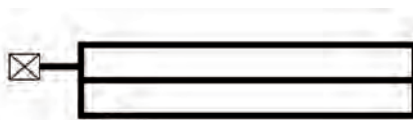
► LA ESTRATEGIA DE AIREACIÓN UTILIZADA FUE LA QUE SE CONOCE EN COMPOSTAJE COMO "PILAS ESTÁTICAS AIREADAS"

tido, y así también nos lo manifestó el ganadero propietario de la granja, no es actualmente el separador de características óptimas para la producción de fracción sólida destinada a cama. Mecàniques Segalés ha diseñado y fabricado un nuevo separador destinado específicamente a la finalidad que nos ocupa. Sea como fuere, esta separación genera dos tipos de efluentes, la fracción líquida, que se guarda en depósitos para que se pueda utilizar como abono para los campos (reutilización agrícola), y la fracción sólida, que es la parte a reutilizar como cama en la explotación ganadera.

Preparación de las pilas de higienización

Para lograr la higienización termófila (Viaene *et al.*, 2017; Lemunier *et al.*, 2005), la estrategia de aireación utilizada fue la que se conoce en compostaje como "pilas estáticas aireadas". Para esta experimentación consistió en la confección de las pilas a higienizar sobre una estructura de tres tubos paralelos perforados y conectados a un ventilador de baja presión de 0,18 kW (figura 1).

Figura 1. Esquema del sistema de tubos de aireación que se instaló bajo las pilas de higienización de los experimentos



En puntos elegidos de los tubos perpendiculares a la salida de la bomba se instalaron manómetros para comprobar la pérdida de presión de aire a lo largo del sistema y minimizarla.

Todos los experimentos para evaluar los condicionantes en la higienización de la fracción sólida del purín se realizaron comparativamente entre dos tipos de pilas de compostaje, con diferencias tanto desde el punto de vista constitucional como estructural (Barrena *et al.*, 2011). El primer tipo, las pilas 1, se ha construido solo con fracción sólida separada de purines vacunos. En las pilas 2 se añadió viruta de madera en proporción 1/5 V/V respecto al volumen final y, dado que la finalidad radica en que la viruta actúe como agente estructurador y dé esponjosidad a la mezcla a compostar, fue siempre necesario obtener la máxima homogenización posible.

Los tamaños de las pilas de sección triangular fueron siempre de unos 6 m de largo, 3 m de ancho y 1,75 m (al inicio) y 1,5 m (al final) de alto.

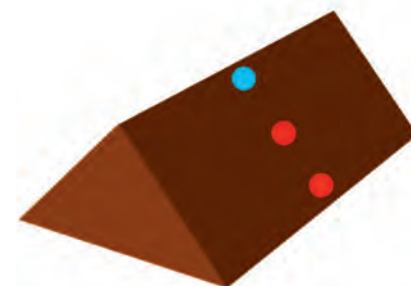
Aireación y seguimiento térmico de las pilas de higienización

Los tratamientos de higienización experimentados consisten en procesos de aireación temporizada de las pilas para obtener un desarrollo microbiano con metabolismo aeróbico y exotérmico, típico de la primera etapa termófila del compostaje. Los procesos experimentales ensayados tuvieron unas duraciones globales de 3 y 7 días. La temporización de la aireación de las pilas (tiempos de aireación y de parada) se moduló a partir de las determinaciones de temperatura realizadas a lo largo del tiempo, de modo que se lograra rápidamente la termofilia (temperaturas por encima de 45 °C) y que esta se mantuviera en valores de temperatura elevados (siempre superiores a los 50 °C y cercanos o superiores a los 70 °C) todos los días deseados: 2 o 6 días, en los dos casos experimentales mencionados. Para la regulación del sistema de aireación se utilizó un sistema electrónico implantado por Mecàniques Segalés. Las condiciones operacionales de trabajo

experimental han servido posteriormente para extrapolarse a las implantaciones ganaderas que se han llevado a cabo.

Los controles de la temperatura de las pilas en proceso de higienización se obtuvieron mediante un termómetro digital portátil de la marca Hanna. El sensor térmico se encuentra ubicado en el extremo de una varilla con mango de 1 metro de largo, la cual permite tomar medidas a diferentes profundidades, 5-10 cm, 50 cm y 100 cm, en este estudio. Estas medidas se llevaron a cabo diariamente, a primera hora de la tarde, en la cara sombreada de la pila y se tomaron a diferentes alturas de la pila según un patrón (figura 2): cerca de la cresta de la pila (superior), en la parte media de su altura (central) y en la base de esta (inferior).

Figura 2. Esquema de la pila donde se representan los puntos donde se hace la lectura de la temperatura



El punto azul (el superior de la pila) indica que se hacen solo dos lecturas de temperatura, a nivel superficial (5-10 cm) y 50 cm de profundidad; los puntos de color rojo (el central y el inferior de la pila) son puntos de muestreo con 3 lecturas: a 5-10 cm, 50 cm y 100 cm de profundidad

Análisis de laboratorio

Para la evaluación de la higienización del material de las pilas se procedió a su muestreo representativo y con las muestras obtenidas se realizaron una serie de análisis microbiológicos en un laboratorio acreditado independiente, los cuales fueron complementados con algunos parámetros físico-químicos básicos. En la tabla 1 se indican los análisis realizados y en qué momento se tomaron las muestras pertinentes. ►►

Tabla 1. Tabla ilustrativa de las analíticas realizadas (cuadros marcados en los dos ensayos experimentales)

ENSAYOS EXPERIMENTALES		Experimentación 1 (de 3 días)		Experimentación 2 (de 7 días)		
Muestras		Inicial	Final	Inicial	A los 3 días	Final
PARÁMETROS ANALÍTICOS	Símbolos					
Físico-químicos						
Sólidos totales	ST					
Sólidos volátiles	SV					
Nitrógeno total Kjeldahl	NKT					
Nitrógeno amoniacal	N-NH ₄ ⁺					
Microbiológicos						
Enterobacterias						
Coliformes totales						
<i>Escherichia coli</i>						
<i>Clostridium</i> sulfito-reductores						
<i>Staphylococcus</i> coagulasa-positivos						
<i>Salmonella</i>						

► LA EVOLUCIÓN DE TEMPERATURA DE LAS DIFERENTES PILAS HA SIDO MUY SIMILAR EN LOS DISTINTOS CASOS

RESULTADOS

Los procesos experimentales se han realizado siempre comparativamente entre dos pilas, ya presentadas en la sección “Materiales y métodos” con las denominaciones de pila 1 y pila 2, y también en dos experimentaciones en el tiempo, por lo que los resultados obtenidos muestran a la vez redundancias en aquellos aspectos que resultan normales del proceso y divergencias en aquellos otros que son variables.

Temperatura de las pilas de higienización

La evolución de temperatura de las diferentes pilas ha sido muy similar en los diferentes casos y, por lo tanto, se exponen (figuras 3 y 4) únicamente las gráficas correspondientes a las pilas 1 (compuestas exclusivamente de fracción sólida de purín) de los dos experimentos. Las tres evoluciones representadas en cada figura corresponden a los diferentes puntos de la altura de la pila en que se ha introducido la sonda térmica: próximo en la cresta de la pila (superior), en la parte media aproximadamente de su altura (central) y en la base de esta (inferior), tal y como

se ha expuesto en el apartado anterior. Para dar unos resultados comprensibles sin perder valor interpretativo, se han representado solo los promedios de temperatura para cada punto de los muestreos realizados en diferentes profundidades. ►►

Figura 3. Evolución de la temperatura de los tres niveles de altura en la pila de higienización 1 durante los tres días del primer estudio de experimentación piloto. Decodificación: superior: de 5-10 cm de la carena; central: a unos 80-90 cm de altura, e inferior: a unos 10-20 cm de altura de la base

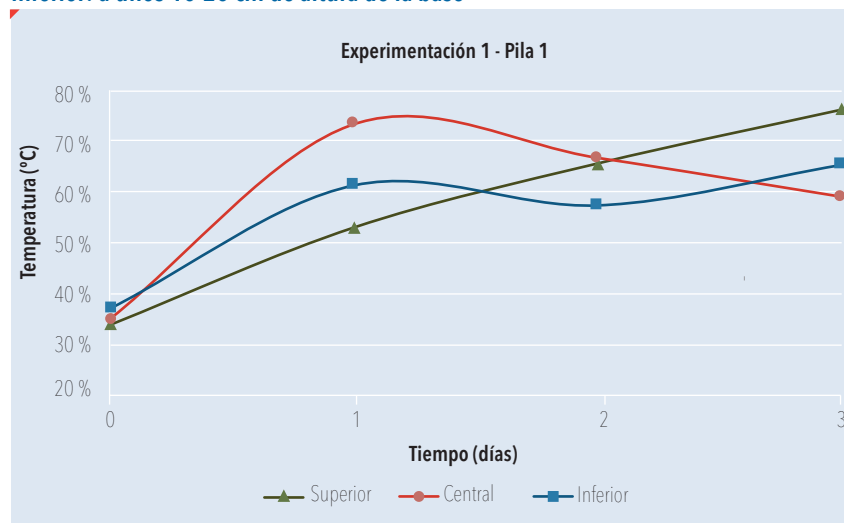
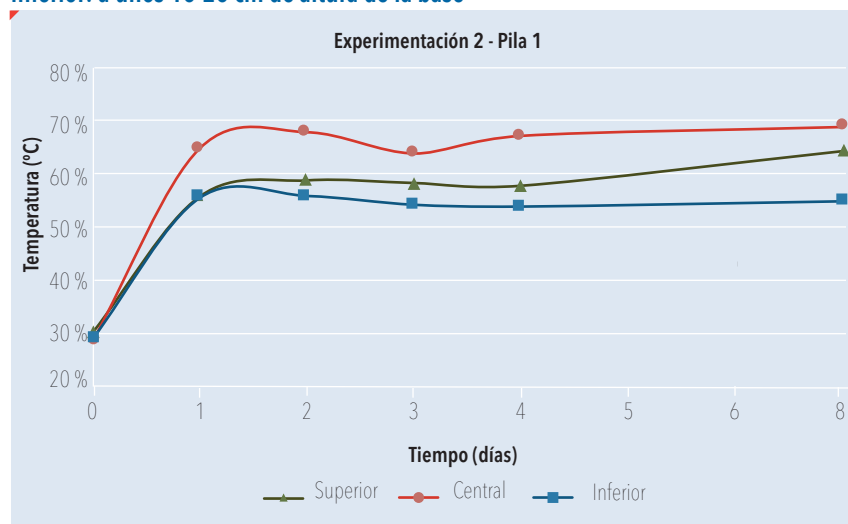


Figura 4. Evolución de la temperatura de los tres niveles de altura en la pila de higienización 1 durante los siete días del segundo estudio de experimentación piloto. Decodificación: superior: de 5-10 cm de la carena; central: a unos 80-90 cm de altura, e inferior: a unos 10-20 cm de altura de la base



► LA MODULACIÓN DEL NIVEL DE AIREACIÓN A LO LARGO DEL TIEMPO PUEDE PROPORCIONAR ESTRATEGIAS BIEN PROGRAMADAS PARA UNA BUENA DESHIDRATACIÓN DE LOS MATERIALES TRATADOS

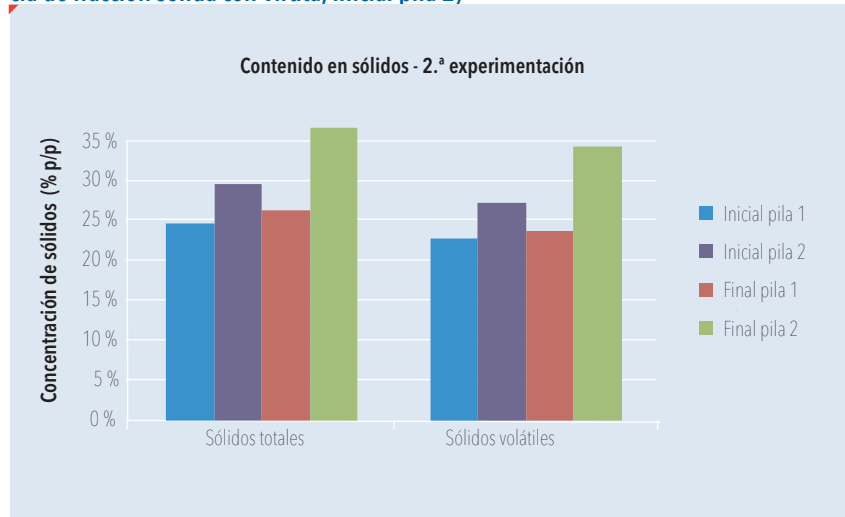
Todas las diferentes cinéticas de temperaturas que se obtuvieron han reflejado que la higienización era factible en cualquiera de las pilas experimentales, dado que la residencia en temperaturas termófilas superiores a los 50 °C supone una reducción gradual de la viabilidad de las células vegetativas de muchos microorganismos usuales (Feachem *et al.*, 1983). La doble experimentación con diferente duración de la termofilia había de permitir, si era

el caso, la observación de las posibles diferencias en el grado de higienización.

Características físico-químicas en los materiales tratados

Una caracterización representativa de los resultados obtenidos en los diferentes parámetros físico-químicos analizados es la que expone en los histogramas de las figuras 5 y 6. ►►

Figura 5. Contenidos en sólidos totales y volátiles en los productos obtenidos (final pila 1 y final pila 2) de los dos pilotajes de la 2.ª experimentación) respecto a los materiales de entrada (fracción sólida de los purines de vacuno, inicial pila 1, y mezcla de fracción sólida con viruta, inicial pila 2)



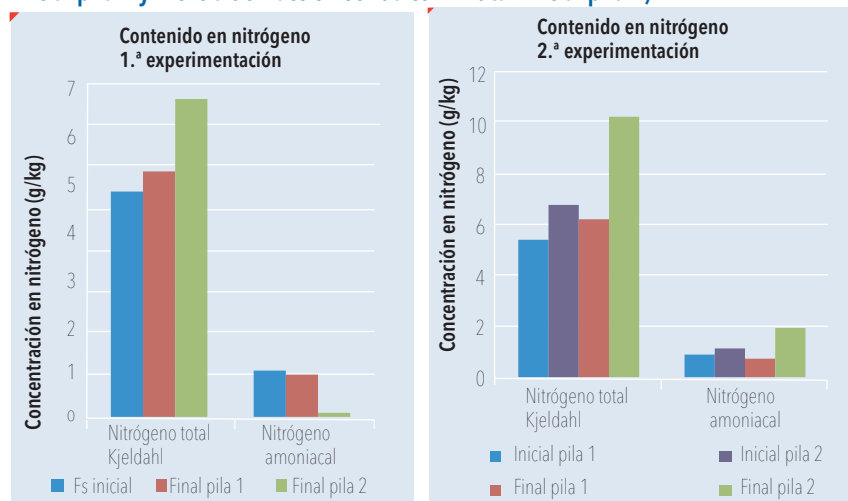
►CADA M³ DE FRACCIÓN SÓLIDA HA REQUERIDO 0'58 KWH DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA HIGIENIZARSE DURANTE UN TRATAMIENTO MEDIO DE 5 DÍAS

Se observa que los contenidos de sólidos de las pilas experimentales (figura 5) incrementan ligeramente en el caso de las pilas confeccionadas solo con fracción sólida de purín de vacuno y de una forma más notoria en las pilas confeccionadas con mezcla de fracción sólida y viruta, resultados que se han reproducido tanto en el primer pilotaje experimental como en el segundo. Este comportamiento diferencial se debe a la mayor esponjosidad de las pilas con viruta, lo que aporta una mayor volatilización hídrica, y también a la menor biodegradabilidad de los sólidos aportados en las pilas 2 (la lignina de la viruta es poco biodegradable), de manera que se descomponen menos en el proceso. De todos modos, los tratamientos han demostrado, en ambas situaciones de las pilas y en las dos experimentaciones, que los productos se obtienen con un menor contenido de agua que los sustratos iniciales y, por lo tanto, que la tendencia es la de una mayor volatilización hídrica en comparación a los valores de degradación de la materia orgánica. Consecuentemente, la modulación del nivel de aireación a lo largo del tiempo puede proporcionar estrategias bien programadas para una buena deshidratación de los materiales tratados.

El contenido de nitrógeno (nitrógeno total Kjeldahl) también ha

aumentado en todos los casos, indicando que la tasa de volatilización de compuestos nitrogenados es bastante menor en relación a la merma conjunta del contenido hídrico (volatilización de agua) y del contenido orgánico (degradación de la materia orgánica en dióxido de carbono y otras sustancias volátiles). Sin embargo, el contenido final de nitrógeno amoniacal en los productos tratados suele ser bajo y normalmente inferior a la concentración inicial, a excepción de la pila 2 de la segunda experimentación, que se ha comportado muy diferente a la reducción importante del primer experimento. Los contenidos en nitrógeno de las mezclas iniciales, los diferentes niveles de degradación microbiana de la materia orgánica en 7 días y las diferencias térmicas entre las dos experimentaciones son los factores que nos darían muy probablemente la explicación. Estos niveles bajos de nitrógeno amoniacal resultan lógicos en los procesos de desarrollo microbiano termófilo, dado que el amonio es asimilado activamente como nutriente por las poblaciones bacterianas y, por otro lado, también se da una cierta volatilización debido a las elevadas temperaturas. De todas formas, el material que se obtiene estará fuertemente desodorizado, debido a que la comunidad microbiológica habrá actuado fuertemente sobre los compuestos

Figura 6. Contenidos de nitrógeno en los productos obtenidos (final pila 1 y final pila 2) de los dos pilotajes experimentales (1.ª y 2.ª experimentación) respecto a los materiales de entrada (fracciones sólidas de los purines de vacuno: FS inicial e inicial pila 1 y mezcla de fracción sólida con viruta: inicial pila 2)



► LOS RECUENTOS DE VIABLES AL PRINCIPIO Y AL FINAL DE LOS TRATAMIENTOS HAN DADO VALORES POR DEBAJO DE 100 CFU/G PARA LOS COAGULASA-POSITIVOS

más simples y volátiles y, particularmente, integrando los nutrientes fácilmente asimilables, como el tándem amonio-amoniaco.

Higienización microbiológica de los sustratos

Como se puede observar en la figura 7, los parámetros microbiológicos que se han considerado indicadores de microorganismos fecales y/o de patógenos potenciales, o bien han tenido concentraciones de viables (organismos que pueden crecer y reproducirse) muy bajas o bien han sufrido reducciones realmente muy importantes de dichos viables en el proceso higienizador, de manera que ha sido necesario utilizar, para la representación de los resultados analíticos obtenidos, los histogramas en escala logarítmica, cosa normal en el mundo microbiológico.

En estos gráficos con el eje de ordenadas logarítmico (figuras 8 y 9), se puede apreciar que las reducciones de microorganismos viables detectados en un inicio se han situado siempre en niveles superiores al 99 % en las pilas 1 de las dos experimentaciones piloto. En el caso de las pilas 2 (las que contienen estructurante), estas reducciones se mantienen en estos niveles tan elevados para los parámetros microbiológicos indicadores de fecalidad (coliformes totales y *Escherichia coli*), pero disminuyen ligeramente en las enterobacterias y los clostridios, superando de todas formas el 95 y el 80% en la primera y se-

Figura 7. Contenidos de viables de los diferentes tipos microbianos analizados en la fracción sólida de vacuno una vez apilada para el tratamiento ("sin tratar") y al final del tratamiento higienizador de 3 días, tanto en la pila 1 ("tratamiento directo", con ausencia de viruta como estructurante), como en la pila 2 ("tratamiento con estructurante" con la presencia de esta viruta como estructurante)

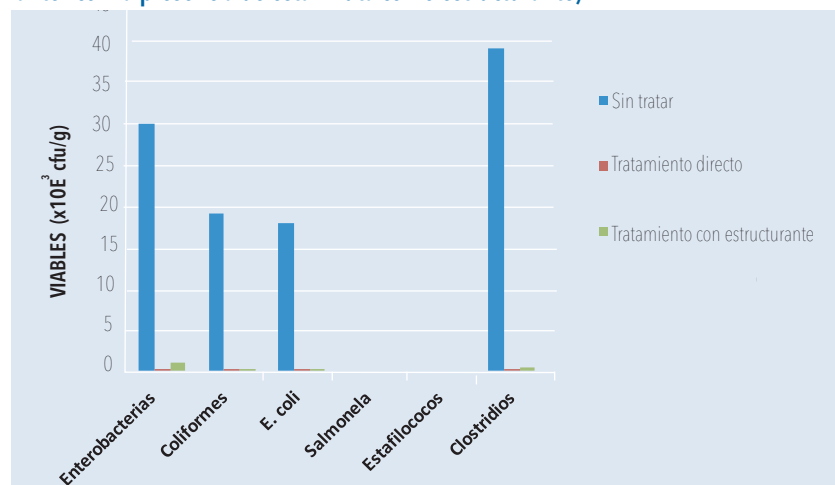
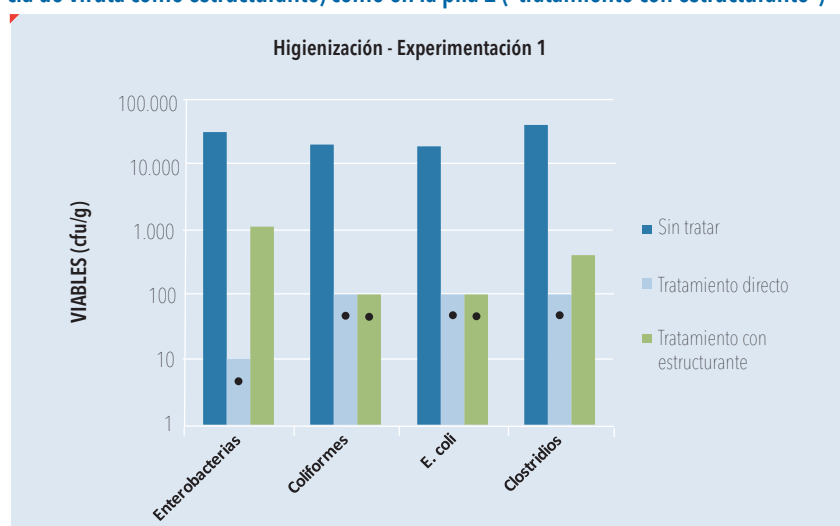


Figura 8. Contenidos de viables de diferentes tipos microbianos presentes en la fracción sólida de vacuno una vez apilada para el tratamiento ("sin tratar") y al final del tratamiento higienizador de 3 días, tanto en la pila 1 ("tratamiento directo", con ausencia de viruta como estructurante) como en la pila 2 ("tratamiento con estructurante")



Las barras con un • representan los resultados por debajo del límite de la detección analítica y deben interpretarse como <10 cfu/g o como <100 cfu/g, para cada valor expuesto

gunda experimentación, respectivamente. Hay que añadir que los recuentos de viables al principio y al final de los tratamientos han dado para los *Staphylococcus* coagulasa-positivos valores por debajo de 100 cfu/g y, además, los resultados de ausencia de *Salmonella* en 25 g de muestra en todos los casos.

Los resultados en coliformes totales y fecales (*E. coli*) indican claramente que el tratamiento tiene un efecto drástico en la disminución de la flora bacteriana aportada por las heces, de manera que los viables resistentes en estos dos parámetros han estado siempre por debajo de los niveles de detección analítica, sugiriendo la tendencia a su erradi-

cación. Los resultados obtenidos en el grupo de las enterobacterias y en el de los clostridios informan de una acción que implica la pérdida de viabilidad en las mayoría de las formas vegetativas de las poblaciones de estos grupos, pero sin ser tan elevada como en el caso restringido a los coliformes, debido a la mayor amplitud de especies del primer grupo (las enterobacterias), a las que se les añaden incluso los potenciales falsos positivos de los análisis (Baylis *et al.*, 2011), y a la existencia de formas de resistencia (las endosporas) en el segundo grupo (los clostridios). De todos modos, el efecto higienizador y de disminución de la posible dosis infectiva es patente.

En las gráficas que se muestran a continuación (figura 10), se refleja la disminución de viables en la globalidad de las bacterias estudiadas: el sumatorio de enterobacterias (que incluyen el grupo de los coliformes y las salmonelas), clostridios sulfito-reductores y estreptococos coagulasa-positivos. Tal y como se puede ver, las reducciones alcanzadas han superado en todos los casos el 90 % y las de las pilas 1, sin viruta en su constitución, se ha situado siempre por encima del 99 %. Las higienizaciones de la primera experimentación, con temperaturas más elevadas y solo 3 días de tratamiento, han sido ligeramente más eficientes que en la segunda prueba piloto, la cual ha alcanzado unos niveles térmicos inferiores, a pesar de la mayor duración de los tratamientos.

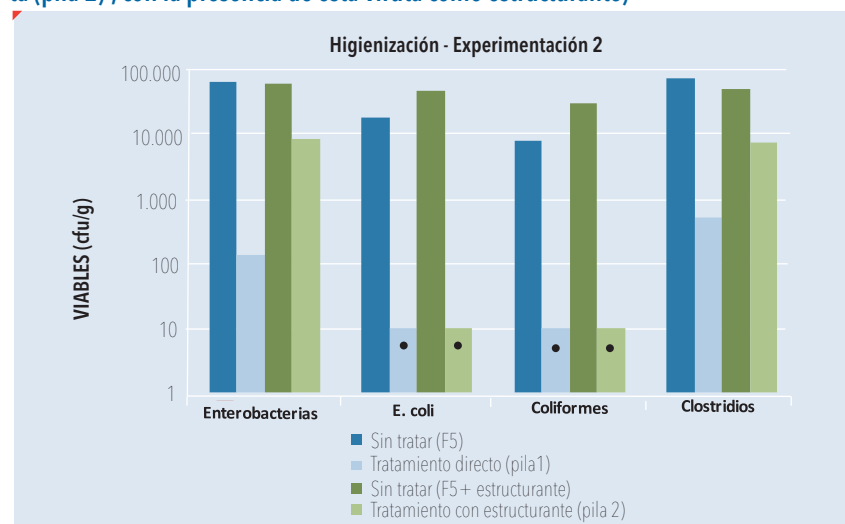
Consumo de energía

Durante todos los experimentos se ha hecho un seguimiento de la energía eléctrica utilizada para la aireación del proceso de higienización. A partir de este seguimiento, se ha podido calcular fácilmente que cada metro cúbico de fracción sólida de purín vacuno ha requerido 0'58 kWh de energía eléctrica para higienizarse durante un tratamiento medio de 5 días.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Este estudio ha aportado diferentes conclusiones específicas, que se pueden globalizar en tres aspectos principales que se exponen a continuación:

Figura 9. Contenidos de viables de diferentes tipos microbianos presentes en la fracción sólida de vacuno una vez apilada para el tratamiento ("Sin tratar (FS)") o mezclada con viruta ya punto para tratar ("sin tratar (FS + estructurante)") y al final del tratamiento higienizador de 7 días, tanto en la pila 1 ("tratamiento directo (pila 1)", con ausencia de viruta como estructurante) como en la pila 2 ("tratamiento con viruta (pila 2)", con la presencia de esta viruta como estructurante)



Las barras con un • representan los resultados por debajo del límite de la detección analítica y deben interpretarse como: <10 cfu/g

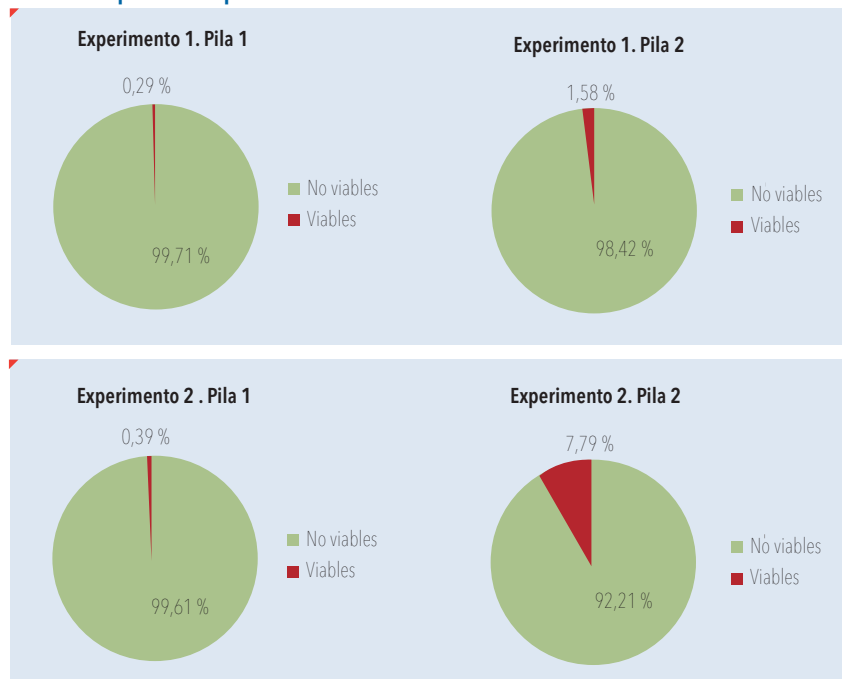
1. El proceso de tratamiento experimentado con uso exclusivo de la fracción sólida de los purines de vacuno ha demostrado unos niveles de higienización muy elevados, superando siempre el 99 % de reducción

de bacterias viables en todos los parámetros microbiológicos evaluados y en todos los pilotajes realizados (3 y 7 días de tratamiento). La confección de las pilas con adición de estructurante disminuye ligeramente ➡

el nivel de higienización en algunos de los parámetros, pero lo mantiene en aquellos que son indicadores de fecalidad. Por lo tanto, se propone el uso de la fracción sólida higienizada de purín como materia prima exclusiva para la confección de la cama de estabulación y, en aquellos casos en los que se requiera estructurante suplementario, que las mezclas de los dos componentes se hagan con posterioridad a la higienización de la fracción sólida de los purines.

2. Los sistemas tecnológicos utilizados en la separación física de fracciones y en el funcionamiento y control de las pilas de higienización han demostrado su idoneidad para su adecuación y aplicación en las explotaciones ganaderas. Dentro de esta idoneidad, cabe detallar que el consumo eléctrico requerido para los procesos de higienización ensayados se ha situado alrededor de unos 0,58 kWh por m³ de fracción sólida de purín vacuno tratado.
3. Las características de la evolución térmica de las pilas de higienización demuestran que la fracción sólida del purín de vacuno permite un buen desarrollo de la comunidad microbiana culpable de las condiciones termófilas del sistema, implicando que se pueda regular la aireación del sistema tecnológico para obtener diferentes niveles de temperatura y deshidratación. También comporta que el producto obtenido al final del tratamiento sea una materia prima biológicamente activa y que, una vez en las camas de estabulación, su comunidad microbiana, en concentración muy elevada, compita ecológicamente para su supervivencia con los otros microorganismos que se aporten al sistema, como es el caso de microorganismos patógenos oportunistas. Existe actualmente la planificación de realizar un estudio experimental sobre la evolución microbiana en estas camas de estabulación activas. ■

Figura 10. Las cuatro gráficas describen, en cada uno de los pilotajes de higienización realizados, la relación existente entre la globalidad de las bacterias viables detectadas analíticamente en el material a tratar (el 100 %) y las que se detectan al final del tratamiento (en rojo). El sector en verde indica la reducción de la viabilidad bacteriana producida por el tratamiento



BIBLIOGRAFÍA

- Baylis, C., M. Uyttendaele, H. Joosten & A. Davies, 2011. *The Enterobacteriaceae and their Significance to the Food Industry*. Report. Commissioned by the ILSI Europe Emerging Microbiological Issues Task Force. ILSI Europe (International Life Sciences Institute).
- Barrena, R., J. Turet, A. Busquets, M. Farrés, X. Font & A. Sánchez, 2011. Respirometric screening of several types of manure and mixtures intended for composting. *Bioresource Technology*. 102 (2): 1367 - 1377.
- Castells, M., C.E. Izquierdo y V. Turet, 2017. Tratamiento de la fracción sólida del purín de vacuno de Leche para la producción del lecho de estabulación. *Vacuno de élite. Edición Leche*. 9: 76-78.
- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. & Mara, D.D., 1983. *Sanitation and Disease. Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development / THE WORLD BANK - John Wiley & Sons.
- Lemunier, M., C. Francou, S. Rousseaux, S. Houot, P. Dantigny, P. Piveteau & J. Guzzo, 2005. Long-term survival of pathogenic and sanitation indicator bacteria in experimental biowaste composts. *Applied and Environmental Microbiology*. 71 (10): 5779-5786.
- MAPAMA, 2017. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/resultados_provisionales_nov2018_bovino_webmapa_tcm30-502922.pdf Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España.

MAPAMA, 2019. Informe de Coyuntura del Sector Vacuno de leche -Abril 2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España.

Turet, J., A. Busquets y N. Bruch, 2013. Separación física de purines: un gran paso para su tratamiento y gestión medioambiental. *Interempresas.net Ganadería*. <http://www.interempresas.net/Ganadero/Articulos/111025-Separacion-fisica-de-purines-un-gran-paso-para-su-tratamiento-y-gestion-medioambiental.html>.

Viaene, J., V. Nelissen, B. Reubens, K. Willekens, F. Driehuis, S. De Neve & B. Vandecasteele, 2017. Improving the product stability and fertilizer value of cattle slurry solid fraction through co-composting or co-ensiling. *Waste Management*. 61: 494-505