

VALORACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE CUBRICIÓN DE BALSAS DE PURINES PARA REDUCIR LA EMISIÓN DE GASES PERJUDICIALES AL MEDIO AMBIENTE

AGRUPACIÓN DE DEFENSA SANITARIA DE PORCINO N° 1 DE TAUSTE
ADS N° 2 COMARCAL DE PORCINO DE EJE A DE LOS CABALLEROS
TAUSTE CENTRO GESTOR DE ESTIÉRCOLES, S.L.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la **producción de purín** en cerdos de engorde es de entre 1,5-2,13 m³ / plaza y año.

Sólo en el **municipio de Tauste**, se cuenta con 130 granjas de cerdos que producen alrededor de **400.000 m³ de estiércol líquido** al año.

En Ejea y Comarca, actualmente hay unas 300 explotaciones asociadas con un censo de 75.000 cerdas en producción y 600.000 cerdos de engorde, que producen alrededor de 1.800.000 m³ de purín..

En una zona tan masificada en cuanto a producción porcina, es necesario el desarrollo de **técnicas de gestión de purines**, para que afecte lo menos posible al medio ambiente y para saber cómo utilizarlo de la manera más eficiente posible.. Se considera que el purín puede ser un subproducto que se debe volver a incorporar a la **economía circular**.

OBJETIVOS

- Revisión de todos los sistemas de cubrición existentes para las balsas de purines.
- Realizar un **estudio comparativo de la eficacia de cada sistema de cubrición** incluyendo las principales variables que pueden afectar a su rendimiento; tipo de balsa (tamaño y forma), tipo de explotación, condiciones atmosféricas, estación del año...
- **Medición de gases emitidos por la balsa con los diferentes sistemas** de cubrición a través de un dron específico (Vehículo Aéreo no Tripulado)
- **Mejor aprovechamiento del purín como abono** en campo al mejorar su composición nutricional, conservar el nitrógeno y no perderlo mediante las emisiones durante su almacenamiento.
- **Adaptar los protocolos de recogida del purín en las balsas, mejorar la gestión** de dicho purín y subproductos en la explotación, a la vez que **incrementar la sostenibilidad** del sistema productivo porcino **mejorando su impacto en el medio ambiente.**

PLAN DE TRABAJO

CRONOGRAMA

Estudio, selección y diseño de implantación de los sistemas de cubrición

Desarrollo comparativo de eficacia de los sistemas de cubrición

Aplicación de los sistemas de cubrición con diferentes variables de explotación

Estudio de las diferentes alternativas de sistemas de cubrición de balsas que existen en el mercado para seleccionar las que podían ser más efectivas:

- **Arlita**: explotación de la ADS de Tauste: una transición de 5400 animales.
- **Hexágonos**: explotación de 1100 madres de la ADS de Tauste.
- **Esferas huecas** con peso en su interior: explotación de cebo de la ADS de Ejea de 6100 cerdas que tiene dos balsas.

PLAN DE TRABAJO

CRONOGRAMA

Estudio, selección y diseño de implantación de los sistemas de cubrición

Desarrollo comparativo de eficacia de los sistemas de cubrición

Aplicación de los sistemas de cubrición con diferentes variables de explotación

- Estudiados todos los sistemas de cubrición, tanto a nivel general como más en profundidad, se determinó realizar las **pruebas con Arlita®, hexágonos y esferas lastradas** para ver cómo se comportan a nivel de aplicación, efectividad y control de emisiones.
- Se ha estudiado cada sistema durante el proyecto para incluir:
 - Diferentes momentos de llenado de la balsa,
 - Diferentes condiciones atmosféricas
 - Al menos tres estaciones del año diferentes.

PLAN DE TRABAJO

CRONOGRAMA

Estudio, selección y diseño de implantación de los sistemas de cubrición

Desarrollo comparativo de eficacia de los sistemas de cubrición

Aplicación de los sistemas de cubrición con diferentes variables de explotación

- {
- * Diseño de las variables a contemplar para ver la emisión de amoníaco.
 - * Se han realizado pruebas en diferentes estaciones del año, midiendo las emisiones de amoníaco cuando la fosa está en reposo, en agitación y en carga.

PLAN DE TRABAJO

Inicialmente se estudiaron, diseñaron y seleccionaron diferentes sistemas de cubrición, en concreto:

- Esferas
- Hexágonos
- Arlita



Imagen 1. Propiedades de esfera para cubrir las balsas.



Imagen 2. Tres hexágonos se acoplan y cubren hasta el 99% de la superficie.



Imagen 3. Arlita agitando y cargando.

PLAN DE TRABAJO

- Posteriormente se seleccionaron 3 granjas de porcino: cebo, transición y madres.
- Las balsas de almacenamiento de purín de cada una de esas explotaciones se cubrieron con un sistema de bolas flotantes, arcilla expandida (Arlita ®) y hexágonos flotantes respectivamente.

PLAN DE TRABAJO

- Se procedió a medir las emisiones de amoníaco (NH_3) en las balsas de purín, con sensores de amoníaco colocados en campanas invertidas sobre la superficie de las balsas, para medir la evolución de la concentración de amoníaco en un volumen específico de aire que queda atrapado dentro de la campana. Los resultados se expresaban en gramos por metro cuadrado de superficie de purín por día ($\text{g}/\text{m}^2/\text{día}$).
- El sensor de amoníaco ubicado en el interior de la cámara de aire que crea la campana realizaba una toma de datos cada cinco minutos o cuando se producían variaciones significativas de las emisiones. Además, permitía la geolocalización de las fuentes de emisiones, la visualización en tiempo real de las mediciones desde un ordenador, y el almacenamiento de los datos para su posterior procesamiento y análisis.
- Se realizaron también mediciones de emisiones de H_2S vía dron, y esas emisiones también se ven reducidas al cubrir las balsas.



RESULTADOS: primer periodo medición

SISTEMAS DE BOLAS FLOTANTES

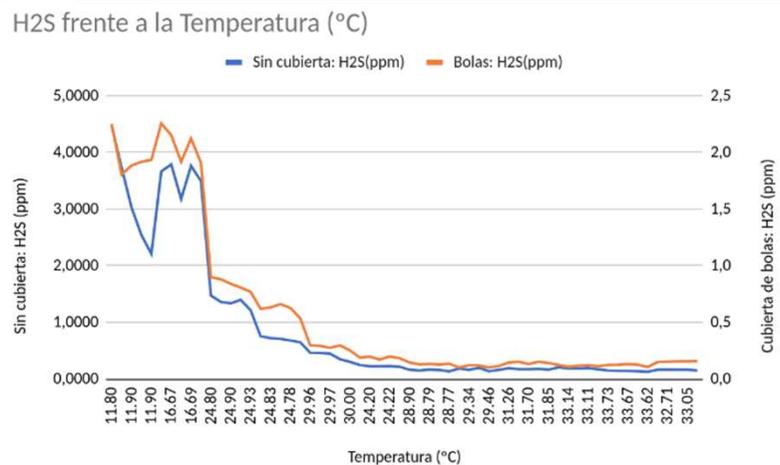


Figura 6. Representación gráfica de H₂S frente a la temperatura.



RESULTADOS: primer periodo medición

SISTEMAS DE BOLAS FLOTANTES

En la representación gráfica se muestra la relación entre los niveles de H₂S (sulfuro de hidrógeno) y la temperatura. Estos datos han sido recopilados mediante el uso de un dron y revelan una tendencia interesante: a medida que la temperatura aumenta, la concentración de H₂S disminuye tanto en las balsas cubiertas con bolas flotantes como en las balsas sin cubierta.

Esta observación sugiere una correlación inversa entre la temperatura y los niveles de H₂S en las explotaciones porcinas estudiadas. La reducción de H₂S con el aumento de la temperatura podría deberse a diversos factores, como la volatilización o la reacción química influida por la temperatura. Sin embargo, es importante destacar que, independientemente de la presencia de cubiertas de bolas flotantes, esta tendencia se mantiene constante.

Estos resultados proporcionan información valiosa para comprender mejor la dinámica de las emisiones de H₂S en entornos porcinos y pueden ayudar en la implementación de estrategias de control de emisiones más efectivas. La correlación entre la temperatura y los niveles de H₂S puede tener implicaciones importantes en la gestión y el monitoreo de la calidad del aire en estas instalaciones.

RESULTADOS: primer periodo medición

SISTEMAS DE BOLAS FLOTANTES

Figura 6. Representación gráfica de H_2S frente a la temperatura.

Fecha	g NH_3 /m ² /día		Variación emisiones	Variables meteorológicas		
	Balsa	Bolas		T ^o C	HR	Viento
23-mar	0,123	0,012	-90,20%	-	-	-
27-abr	0,844	0,059	-93,04%	22,5	53	2,8
30-may	0,276	0,093	-66,35%	21,3	58,7	3,1
12-jul	1,590	0,001	-99,94%	23,3	59,5	11,6
3-ago	0,002	0,002	0,00%	20	55	18

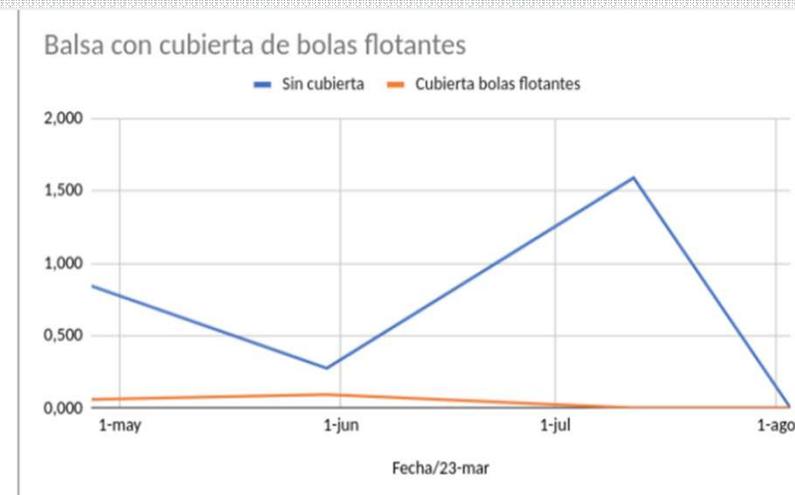


Figura 7. Resultados de NH_3 de balsa cubierta con bolas flotantes y sin cubierta.

RESULTADOS: primer periodo medición

SISTEMAS DE HEXÁGONOS FLOTANTES

A continuación, se presentan los resultados de la concentración de H₂S en relación a la temperatura, datos recopilados a través de un dron.



H₂S frente a T (°C)

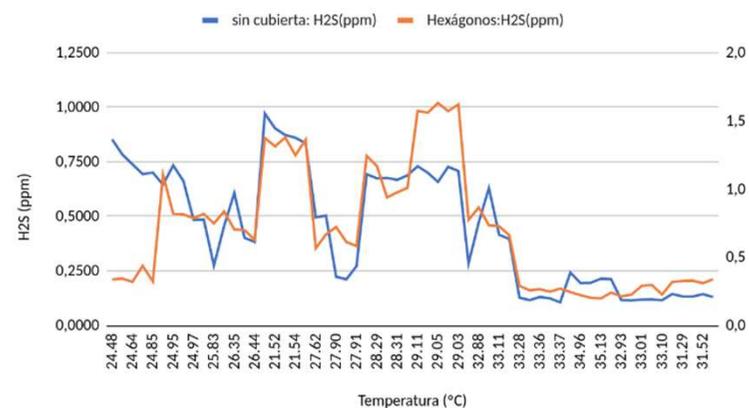


Figura 9. Representación gráfica de H₂S frente a la temperatura.

RESULTADOS: primer periodo medición

SISTEMAS DE HEXÁGONOS FLOTANTES

Fecha	g NH ₃ /m ² /día		Variación emisiones	Variable meteorológicas		
	Balsa sin cubrir	Hexágonos		T°C	HR	Viento
4-may	0,317	0,308	-2,7%	20,7	50,6	1,7
17-may	0,022	0,016	-28,9%	15	46,5	13,7
7-jun	0,168	0,059	-64,9%	21	65	3,2
15-jun	3,310	0,008	-99,8%	24	48,7	5,9
25-jul	0,495	0,203	-59,1%	25,1	47	5
8-ago	3,038	1,016	-66,6%	29	44,2	0,5

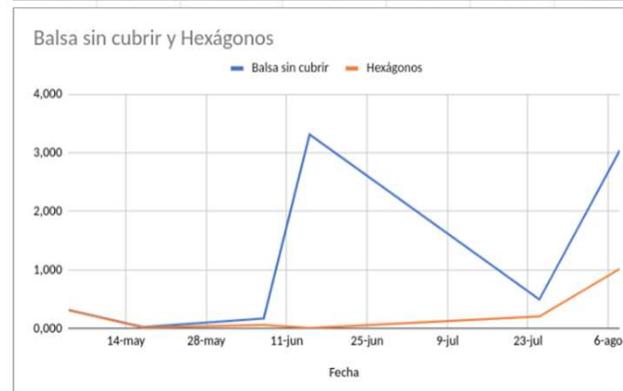


Figura 10. Resultados de NH₃ de balsa cubierta con hexágonos flotantes y sin cubierta.

RESULTADOS: primer periodo medición

SISTEMA DE ARCILLA EXPANDIDA (ARLITA)

Fecha	g NH ₃ /m ² /día		Variación emisiones	Variables meteorológicas		
	Balsa	Arlita		T°C	HR	Viento
2-may	0,153	0,070	-54,05%	14,9	61,6	0,3
25-may	0,006	0,004	-33,33%	14,5	72,6	3
13-jun	1,091	0,043	-96,06%	21,3	62,4	10
3-jul	0,851	0,002	-99,77%	21,9	70,4	1
22-ago	0,486	0,231	-52,39%	31,7	47,8	1

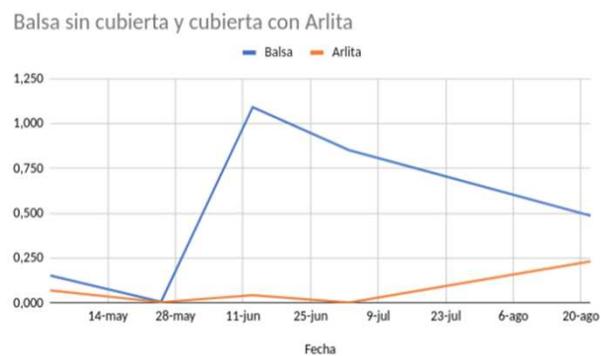


Figura 13. Resultados de NH₃ de balsa cubierta con arcilla expandida, (Arlita ®) y sin cubierta.

RESULTADOS: primer periodo medición

SISTEMA DE ARCILLA EXPANDIDA (ARLITA)

En esta representación gráfica, se presenta la relación entre los niveles de H₂S (sulfuro de hidrógeno) y la temperatura, centrándonos en la utilización de la cubierta de arcilla expandida, conocida como Arlita®, en comparación con las balsas de purín sin cubierta.

Los datos evidencian una diferencia notable en la concentración de H₂S. Esta disminución en la concentración de sulfuro de hidrógeno señala la eficacia de la Arlita® como una estrategia efectiva para controlar y mitigar las emisiones de H₂S en las explotaciones porcinas.

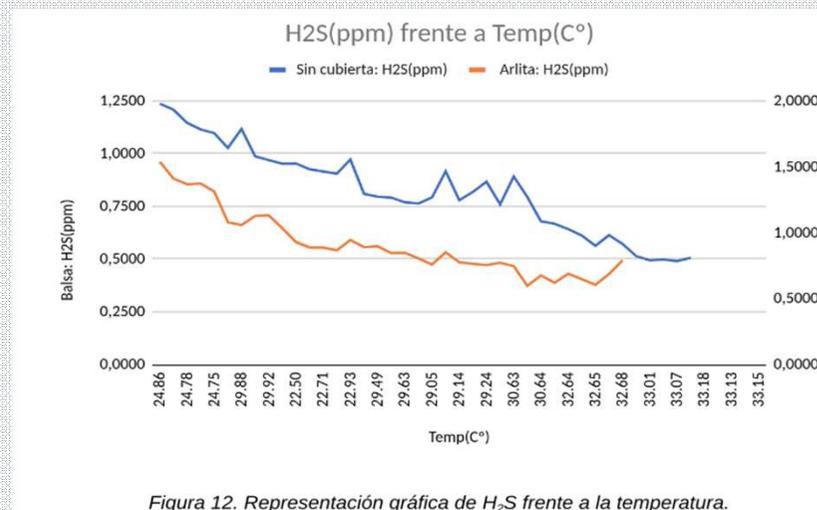


Figura 12. Representación gráfica de H₂S frente a la temperatura.

RESULTADOS COMPARATIVOS PRELIMINARES

-Evaluación de la eficacia de diferentes sistemas de cubierta: Se ha obtenido resultados que comparan la eficacia de sistemas de cubierta, como las bolas flotantes, hexágonos flotantes y la Arlita®, en la reducción de emisiones de contaminantes como H_2S y NH_3 en explotaciones porcinas. Esto permite tomar decisiones informadas sobre la selección de sistemas de cubierta.

- Manejo purín en balsa: En todos los casos se puede gestionar el purín de las balsas sin problema teniendo en cuenta una serie de premisas. - **Arlita®** La agitación debe suspenderse unas horas antes de la carga. – **Bolas/hexágonos** Se debe agitar con precaución para no golpear las piezas flotantes, sumergir bien el agitador.

-Comprender la relación entre la temperatura y las emisiones: Se ha identificado una posible correlación entre la temperatura y los niveles de H_2S , lo que proporciona información valiosa para la gestión de emisiones y la calidad del aire en las instalaciones porcinas.

-Mejora en la toma de decisiones ambientales: Los resultados obtenidos ayudan a tomar decisiones más efectivas en términos de la gestión ambiental en explotaciones porcinas, permitiendo reducir los impactos negativos en el medio ambiente y en la salud tanto de los animales como del personal de la granja.

-Optimización de estrategias de control de emisiones: Con la información proporcionada, se plantea alternativas y ajustes en las estrategias de control de emisiones para mejorar la gestión del purín y reducir las emisiones de contaminantes, lo que es fundamental tanto desde una perspectiva ambiental como económica.

CONCLUSIONES: Primer periodo medición

-Los sistemas de cubierta flotante, incluyendo el Sistema de Bolas flotantes, el sistema de hexágonos flotantes y la Arlita ®, han demostrado ser efectivos en la reducción de las emisiones de amoníaco (NH_3) en comparación con las balsas sin cubierta. Esto indica que la elección de cualquier de estos sistemas de cubierta puede ser una estrategia eficaz para controlar las emisiones de amoníaco en explotaciones porcinas ya existentes.

-Los resultados respaldan la implementación de sistemas de cubierta flotante como una medida efectiva para controlar las emisiones de amoníaco, lo que contribuye a la sostenibilidad y la gestión ambiental adecuada en las explotaciones porcinas.

RESULTADOS: Segundo periodo medición

Tras el primer periodo de estudio, donde se confirmó que los tres sistemas eran efectivos en la reducción de las emisiones de amoníaco (NH_3) en comparación con las balsas sin cubierta, se continuaron las mediciones de emisiones de amoniaco en las tres explotaciones de estudio.

Se añadió la utilización de **dos nuevos sensores de amoníaco** que permiten la toma de lecturas de emisiones durante un plazo mayor de tiempo, estos sensores también incorporan sensores de temperatura. Los datos se recogen a través de una antena que se coloca en un radio de hasta 100 metros de distancia del sensor y se pueden recoger tanto como en una aplicación de teléfono móvil como a través de una aplicación web.



RESULTADOS: Segundo periodo medición

- Se ha hecho una pequeña mejora en las campanas flotantes que están en las balsas de purín más fluido, para mejorar su flotabilidad y evitar riesgos de que los sensores entren en contacto con el purín añadiendo un cordón de poliuretano expandido a las alas de la campana.



RESULTADOS: Segundo periodo medición

Con estos sensores, se han medido las emisiones en cada explotación de estudio y sistema de cubrición con los siguientes resultados:

Fecha	g NH ₃ /m ² /día		Variación emisiones	MEDIAS		
	Balsa sin cubrir	Esferas lastradas		T°C	HR	Viento
23-03-23	0,123	0,012	-90,20%	15,2	50,1	4,2
27-04-23	0,844	0,059	-93,04%	22,5	53	2,8
30-05-23	0,276	0,093	-66,35%	21,3	58,7	3,1
12-07-23	1,590	0,001	-99,94%	23,3	59,5	11,6
21-03-24	0,527	0,144	-72,7%	17,1	54,2	2,88
27-05-24	0,156	0,009	-93,9%	15,8	65	10
26-06-24	2,425	0,164	-93,2%	24,6	65,3	2,7
19-09-24	0,168	0,039	-77,1%	24,1	55,3	6
MEDIA		-85,82%	ESFERAS LASTRADAS			

Fecha	g NH ₃ /m ² /día		Variación emisiones	MEDIAS		
	Balsa sin cubrir	Arlita®		T°C	HR	Viento
02-05-23	0,153	0,070	-54,05%	14,9	61,6	0,3
25-05-23	0,006	0,004	-33,33%	14,5	72,6	3
13-06-23	1,091	0,043	-96,06%	21,3	62,4	10
03-07-23	0,851	0,002	-99,77%	21,9	70,4	1
22-08-23	0,486	0,231	-52,39%	31,7	47,8	1
15-03-24	0,105	0,068	-34,62%	13,2	50,1	2,16
09-04-24	0,034	0,020	-40,04%	15,1	52,7	9
09-05-24	0,160	0,037	-77,02%	20,8	53,4	3,3
04-06-24	0,098	0,026	-73,75%	22,5	53	0,5
19-06-24	0,237	0,019	-92,06%	23	56,7	1,7
11-07-24	0,523	0,074	-85,88%	29,5	52,8	4,5
23-07-24	0,248	0,024	-90,4%	30,5	43,5	2,9
18-09-24	0,039	0,010	-75,5%	25,6	46,6	3,1
MEDIA		-69,60%	ARCILLA EXPANDIDA			

Fecha	g NH ₃ /m ² /día		Variación emisiones	MEDIAS		
	Balsa sin cubrir	Hexágonos		T°C	HR	Viento
04-05-23	0,317	0,308	-2,7%	20,7	50,6	1,7
17-05-23	0,022	0,016	-28,9%	15	46,5	13,7
07-06-23	0,168	0,059	-64,9%	21	65	3,2
15-06-23	3,310	0,008	-99,8%	24	48,7	5,9
25-07-23	0,495	0,203	-59,1%	25,1	47	5
08-08-23	3,038	1,016	-66,6%	29	44,2	0,5
19-03-24	0,130	0,106	-18,3%	17	55	3,96
04-04-24	0,284	0,143	-49,5%	16	51,3	3,5
24-04-24	0,139	0,123	-11,5%	19	69,3	0,1
16-05-24	0,713	0,398	-44,1%	18,7	58	0,6
13-06-24	0,527	0,236	-55,3%	23,1	47,8	0,5
04-07-24	0,145	0,033	-77,1%	24,8	51	4,6
22-07-24	0,211	0,086	-59,1%	22,2	48,1	6,7
25-09-24	0,672	0,189	-71,9%	26,3	49,8	3,5
MEDIA		-50,60%	HEXÁGONOS FLOTANTES			

RESULTADOS: Segundo periodo medición (observaciones)

- Tanto a principio como a final del período ha sido necesario calibrar algunos de los sensores y renovar el servicio de Blackline de uno de ellos para poder acceder a los datos registrados.
- También ha sido necesario reparar una sonda de conductividad de purín (Fertimeter NPK2) que va inserta en la cuba que carga en las balsas del proyecto, que sirve para comprobar que no hay grandes desviaciones en el contenido en nitrógeno del purín respecto a los valores de las analíticas obtenidos en las muestras del proyecto.

RESULTADOS: Segundo periodo medición (pruebas de carga)

En las pruebas de carga y descarga de purines en las tres balsas de pruebas se ha concluido que:

- En los tres sistemas la carga de purín se realiza con total normalidad si el purín está en reposo.
- Si está en agitación:
 - con hexágonos y esferas, sólo hay que tener en cuenta el sumergir bien el agitador para evitar golpear las piezas, pudiendo cargar las cubas al mismo tiempo que se agita.
 - con Arlita ®, las bolitas de arcilla son absorbidas por el sistema de aspiración de la cuba de purín y al descargar el purín colapsan totalmente el sistema de distribución del purín, desde los trituradores hasta los tubos de salida.



RESULTADOS: Segundo periodo medición (prueba de carga)

Se destaca el hecho de que en los tres sistemas es complicado vaciar la balsa totalmente debido a la barrera física que suponen las piezas geométricas y la Arlita ®.

De hecho, ésta última provoca atascos en la cuba de extracción del purín si se intenta apurar el vaciado de la balsa, al igual que sucedía en la carga en agitación, ya que también absorbe las bolitas de arcilla expandida.

RESULTADOS: estudio económico

Los precios comparativos sin transporte por m² de superficie entre los tres sistemas son los siguientes:

- Hexágonos: 17,50 €/m² de balsa a cubrir más transporte y distribución sobre balsa.
- Esferas: 18,50 €/m² de balsa a cubrir más transporte y distribución sobre balsa.
- Arlita ®: 7,8 €/m² de balsa a cubrir más transporte*

**Según los precios de mercado actuales, la distribución en balsa solo está incluida en el precio de la Arlita®.*

CONCLUSIONES segundo periodo medición

Los nuevos sensores no han resultado tan útiles como se esperaba:

- el sensor de temperatura captura la temperatura del interior de la campana de medición, pero esta temperatura no coincide con la del exterior de la campana, puesto que la campana hace de “invernadero” y la temperatura en su interior es superior a la de fuera.
- aunque sí que se han utilizado para la medición del NH₃, la temperatura se ha seguido midiendo con la estación meteorológica como en las fases anteriores del proyecto.

CONCLUSIONES PROYECTO

1. Según los datos obtenidos en el proyecto realizado, **los tres sistemas disminuyen las emisiones de NH₃ en un porcentaje superior al 40% respecto a una balsa sin costra** (R.D. 306/2020 de 11 de febrero de Ordenación explotaciones porcinas), por lo que, desde ese punto de vista, todos ellos cumplen con el objetivo principal que persigue la cubrición de las balsas de purines en granjas ya existentes a fecha 1 de enero de 2023.

CONCLUSIONES PROYECTO

2. Desglosando cada uno de los sistemas probados y con los datos obtenidos en el proyecto concluimos que:
- Los **hexágonos** reducen las emisiones de amoniaco en alrededor de un 50%, pero parecen indicados solamente en balsas que tengan el purín muy fluido, ya que si se forma costra no se distribuyen uniformemente por la superficie de la balsa.
 - Las **esferas**, además de disminuir las emisiones de NH_3 en más de un 85% son las más indicadas para purines menos fluidos, como los de cebaderos, al ir lastradas se “encajan” unas con otras formando una superficie uniforme incluso en estos purines. Si las esferas pierden su lastre interior, son arrastradas por el viento incluso fuera de la balsa.
 - La **Arlita®**, al igual que las esferas, se podría utilizar en cualquier tipo de purín, son las más baratas por m^2 y la aplicación y el transporte es el sistema más rápido y sencillo. Disminuye las emisiones en más de un 65%. Por el contrario hay que evitar la agitación durante la carga y no apurar el vaciado de la balsa.

CONCLUSIONES PROYECTO

3. Se ha planteado a lo largo del proyecto cómo se podría realizar la limpieza del sólido depositado en una balsa de purín cubierta con estos sistemas.

Se considera que tal vez las piezas geométricas se podrían retirar de la superficie con una retroexcavadora o similar (si el tamaño de la balsa lo permite) y poder reutilizarlas de nuevo una vez limpia la balsa.

Lo más complicado parece la Arlita ® que en ese caso habría que aplicar una nueva capa una vez limpia la balsa.

CONCLUSIONES PROYECTO

4. A nivel estadístico de los resultados obtenidos concluye que el sistema de cubrición que mayor reducción proporciona en la velocidad de las emisiones son las esferas, si bien no es significativamente diferente del sistema de Arlita®. Dado que el coste económico de Arlita® es inferior a las esferas, se plantea como una buena alternativa. En cualquier caso, el sistema de hexágonos ha proporcionado los peores resultados.

Además, se ha comprobado el efecto significativo de la temperatura, aumentando el efecto del sistema de cubrición al aumentar la temperatura media. Estas pruebas proporcionan información sobre cómo ha de diseñarse futuros ensayos, en los que las condiciones climáticas, al menos las referidas a la temperatura habrán de considerarse.