

# MEDIDAS PARA CONTROLAR LAS PARTÍCULAS DE POLVO EN ALOJAMIENTOS AVÍCOLAS

María Cambra-López

*Instituto de Ciencia y Tecnología Animal.  
Universidad Politécnica de Valencia.  
Camino de Vera s/n, 46022, Valencia*

## El problema: las partículas de polvo en alojamientos avícolas

La calidad del aire en el interior de alojamientos ganaderos está estrechamente relacionada con la productividad y rendimiento animal, así como con la salud y bienestar de los trabajadores. Los cambios en la temperatura y humedad relativa del aire, los incrementos en las concentraciones de gases como el amoníaco, de microorganismos y de partículas de polvo, son los principales factores que afectan a dicha calidad. En este contexto, las partículas de polvo suspendidas en el aire, que se definen como partículas finas, sólidas o líquidas, contribuyen en gran medida a empeorar la calidad del aire.

Aunque no existe un marco legal específico en relación con las partículas de polvo, hay directivas europeas que indirectamente contemplan estos aspectos -Directiva 1999/30 y Directiva 2008/50-. En estas directivas se establecen unos límites para la concentración de partículas de polvo en el aire ambiente, aunque éstos rara vez se aplican en las actividades agrarias. El límite medio anual permitido para partículas gruesas -PM10- es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para las partículas más finas (PM2,5).

En alojamientos avícolas, las partículas de polvo provienen de fuentes como el pienso, la cama, las plumas, el material fecal, como cristales de ácido úrico, y microorganismos -hongos, virus, bacterias, toxinas y alérgenos-. Además, las partículas de material pueden incluir partes de insectos, granos de polen y partículas minerales. La composición de las partículas de polvo varía principalmente en función de la especie animal y está intrínsecamente relacionada con los sistemas de producción. En este sentido, los alojamientos alternativos de gallinas ponedoras -aviarios o sobre suelo- son los que presentan mayores niveles de partículas. A modo de ejemplo, la Fig. 1 muestra la naturaleza heterogénea de

las partículas de polvo en granjas de broilers, que incluyen diferentes formas y tamaños, cuyos diámetros oscilan entre pocos nanómetros y decenas de micrómetros.

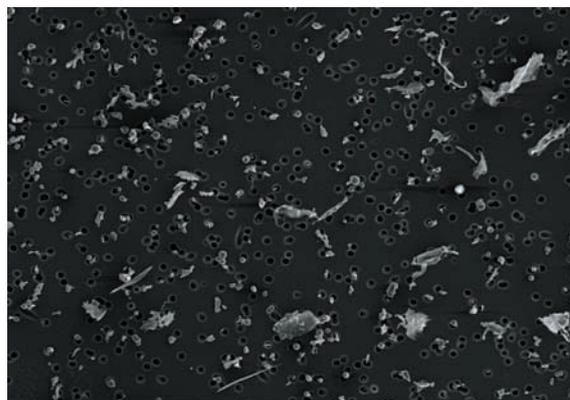


Fig. 1. Fotomicrografía de partículas de polvo del aire de una granja de broilers, depositadas sobre filtro de policarbonato -poros de 5 micrómetros-. (Foto del autor, 2010)

La naturaleza heterogénea de las partículas procedentes de alojamientos avícolas y la amplia gama de fuentes de origen, están asociadas a diversos riesgos para la salud. Tales riesgos están relacionados con la elevada concentración de partículas -de 10 a 100 veces más alta que en otros ambientes- y con la capacidad de éstas de transportar olores, gases y gran variedad de microorganismos.

Existen tres maneras por las que las partículas de polvo pueden afectar a la salud: (i) por la irritación del tracto respiratorio y la reducción de la respuesta inmunitaria a enfermedades respiratorias causadas por la inhalación de partículas de polvo, (ii) por la irritación del tracto respiratorio a causa de determinados compuestos

asociados a las partículas, y (iii) por la inhalación de microorganismos patógenos y no patógenos transportados por el material particulado.

Si a esto le añadimos los efectos perjudiciales de las partículas de polvo en el medio ambiente –empeoramiento de la visibilidad atmosférica, absorción de la radiación solar e infrarroja en el ambiente, estrés vegetal y modificación de los ecosistemas–, resulta imprescindible desarrollar estrategias técnicas y prácticas para reducirlos, así como para evitar su emisión al exterior de los alojamientos avícolas. Es decir, que es necesario controlar las partículas de polvo con objeto de minimizar sus efectos perjudiciales sobre la salud humana y animal, así como sobre el medio ambiente.

### Estrategias para reducir las partículas de polvo en alojamientos avícolas

Para combatir este problema y contribuir a su reducción, en primer lugar es necesario comprender cómo se forman las partículas de polvo en los alojamientos avícolas. La formación de partículas de polvo depende de factores físicos y biológicos. Sobre todo, la formación y concentración de partículas de polvo depende de factores relacionados con el sistema de alojamiento y la alimentación –tipo de alojamiento, sistema de alimentación, sistema de gestión de deyecciones–, factores ambientales –temperatura y humedad– y del tipo de animal – especie, edad, número, actividad–. La actividad de los animales, la densidad y las condiciones de humedad son de los factores más relevantes. Por ejemplo, una humedad relativa del aire de 70 % ó superior, reduce la concentración de partículas porque éstas absorben agua, favoreciendo la agrupación y su sedimentación.

Así, la Fig. 2 recoge de manera esquemática los distintos factores y procesos implicados en la formación, suspensión y emisión de partículas de polvo de alojamientos ganaderos. Cabe distinguir aquellos procesos que favorecen la formación de polvo, de aquellos que intervienen en su suspensión. Los procesos responsables de la formación de partículas de polvo están influidos por las fuentes de origen ya citadas –pienso, animales, cama y deyecciones–. Por el contrario, los procesos responsables de que las partículas de polvo, una vez formadas, puedan suspenderse en el aire, están intrínsecamente relacionados con la actividad animal y humana, y por el flujo o corriente de aire. En este proceso, las partículas de polvo suspendidas en el aire, en condiciones de

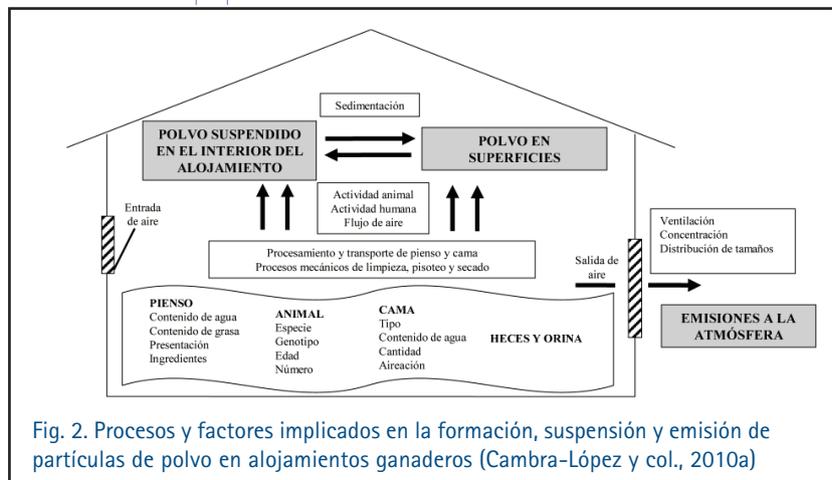


Fig. 2. Procesos y factores implicados en la formación, suspensión y emisión de partículas de polvo en alojamientos ganaderos (Cambrá-López y col., 2010a)

actividad baja o reducida corriente de aire, pueden sedimentar por efecto de la gravedad y depositarse en las superficies dentro de los alojamientos. En cambio, sólo aquellas partículas de polvo que permanezcan suspendidas en el aire podrán ser emitidas al exterior a través de las salidas de ventilación.

A la vista de este esquema, las estrategias de reducción de material particulado en alojamientos ganaderos se pueden dividir en tres tipos: las que evitan la formación de polvo, las que evitan la suspensión de éste al aire, y las que evitan su emisión a la atmósfera.

### Reducción en origen: medidas que evitan la formación de polvo

Existe una amplia gama de estrategias de reducción de partículas de polvo en origen. Algunas de ellas han demostrado ser eficaces en alojamientos ganaderos, con eficacias de reducción entre el 10 y 50%, como la utilización de piensos "bajos en polvo", –Dawson, 1990, Nannen y col., 2005– el empleo de aditivos alimentarios –Takai y Pedersen, 2000; Zhang y col., 1995; Guarino y col., 2007– y los cambios en los materiales de cama (Van Harn y col., 2010).

Las medidas que implican modificaciones en el pienso y el uso de aditivos se basan en cambios a dietas más húmedas –aplicable en porcino donde se puede cambiar a alimentación líquida– y en aumentar el contenido en grasa del pienso mediante la adición de una cobertura de grasa o aceite. Esta última es una medida que ya se aplica en la práctica en broilers, pues los elevados requerimientos energéticos de los pollos obligan a incluir unos porcentajes de grasa elevados que en muchos casos deben aplicarse también recubriendo el gránulo. En gallinas, sin embargo, el contenido en grasa del pienso es más bajo que en broilers, y podría considerarse como



Fig. 3. Estudio de caracterización de fuentes potenciales de partículas de polvo. De izquierda a derecha: muestras de plumas, serrín de cama y gallinaza seca en mortero de bolas para ser molidas. (Foto del autor, 2010)

una alternativa viable, aunque no recomendada por motivos económicos y nutricionales.

Por otro lado, la presentación del pienso y el tamaño y calidad del gránulo son factores clave. El pienso de gallinas ponedoras suele encontrarse en forma de harina y no granulado, como en broilers. Los piensos en forma granulada suelen producir menores pérdidas de partículas que las harinas. El sistema de distribución de pienso también es un aspecto que se ha estudiado para reducir el polvo, aunque estas medidas tienen una aplicación limitada en alojamientos avícolas, donde la mayoría de las explotaciones ya disponen de distribución automática del pienso y la alimentación es *ad libitum*.

En cuanto a las medidas de reducción relacionadas con la cama, parece que éstas pudieran ser efectivas en broilers. Sin embargo, los resultados experimentales indican que cambios en el tipo de cama entre ensilado de maíz, paja de trigo, paja de colza y viruta, no son efectivos para disminuir la formación de polvo (Van Harn y col., 2010).

En muchas ocasiones, el éxito de estas medidas está limitado a las condiciones y exigencias prácticas. Al evaluar su eficacia en condiciones reales, y debido a las limitaciones de los sistemas de alojamiento y gestión de las explotaciones, las eficacias de reducción son menores de las que cabría esperar. Para predecir el comportamiento de estas medidas, es esencial conocer cuáles son las principales fuentes de origen de partículas de polvo en diferentes sistemas de alojamientos avícolas.

Por ello, recientemente se ha tratado de identificar las principales fuentes de partículas de polvo en alojamientos de broilers y gallinas -así como otras especies-. Los resultados de este trabajo de investigación -Cambrá-López y col., 2010 b- reflejan cómo más del 40% de las partículas que se generan en alojamientos de broilers, provienen de cristales de ácido úrico de las deyecciones -por lo menos a partir de la tercera semana del ciclo de producción-, y en segundo lugar de las plumas o plumón -30%-. En cambio, la contribución de partículas de cama o pienso es baja y prácticamente despreciable. En cuanto

a alojamientos de gallinas, los cristales de ácido úrico de las deyecciones, contribuyen a más del 60% de las partículas de polvo, y en menor medida las plumas. Estos resultados explican por qué la mayoría de las medidas de reducción en origen fallan en la práctica. De los resultados de un estudio de caracterización de las fuentes potenciales de polvo -Cambrá-López, 2010 c-, posteriormente confirmados en granja -Fig. 3-, se concluye que la gallinaza seca, depositada sobre el suelo o la cama, es la principal fuente de partículas de polvo. Es por ello que las medidas que actúan sobre el resto de fuentes -pienso o cama, por ejemplo-, no son recomendables, los resultados obtenidos en este sentido no son muy alentadores.

Las medidas que eviten que la gallinaza se seque, se desagregue y pueda suspenderse son las más adecuadas. Sin embargo, esto parece que va en contra de la tendencia hacia sistemas de alojamiento con cintas de secado, que son muy efectivas para reducir las emisiones de amoníaco en gallinas ponedoras. Y ¿qué ocurre con la tendencia hacia sistemas de alojamiento alternativos para cumplir con las regulaciones de bienestar animal en gallinas?. En estos casos, mantener limpias las instalaciones y evitar en la medida de lo posible el secado de la gallinaza, aumentando la frecuencia de retirada de ésta, podría ser una alternativa razonable. No obstante, las medidas que eviten que el polvo pueda resuspenderse en el aire son más apropiadas, sobre todo en alojamientos para broilers, en los que la reducción en origen es difícil de conseguir.

### Medidas que evitan que el polvo pueda suspenderse en el aire

Debido a la ineficacia de las medidas de reducción en origen en alojamientos avícolas, la aplicación de medidas cuyo objetivo es evitar que las partículas una vez ya formadas, puedan suspenderse y resuspenderse en el aire, es una alternativa adecuada. Estas técnicas se basan en favorecer la agregación de las partículas y





Fig. 4. Sala piloto de broilers con sistema de pulverización de aceite -izquierda- y momento de la pulverización y la formación de micropartículas -derecha-. (Winkel y col., 2009)

así su sedimentación. Algunos ejemplos son la pulverización con agua o aceite -Takai y Pederson 2000, Zhang y col. 1995-, la modificación del nivel de ventilación y distribución de aire -Aarnink y Wagemans, 1997; Gustafsson y von Wachenfelt, 2006-, y la ionización (Cambra-López y col., 2009).

La pulverización de aceites o mezclas de agua y aceites vegetales es una alternativa que ha demostrado ser eficaz en reducir la suspensión de partículas. Esta técnica se basa en crear una capa fina de aceite sobre las superficies -cama, suelo y animales- y así evita que las partículas se desprendan -Fig. 4-. Trabajos recientes han demostrado que se trata de una medida práctica en alojamientos para broilers, con eficacias de reducción del polvo entre el 55 y 85%. En gallinas, también ha demostrado ser efectiva -Ellen y col., 2010-, aunque con eficacias de reducción menores que en broilers -entre 25 y 40%-. Los inconvenientes de esta técnica son los costes de inversión elevados, el mantenimiento de las

instalaciones de pulverización y el desconocimiento sobre las dosis y frecuencias óptimas de aplicación. Además, durante la pulverización, se pueden generar adicionalmente micropartículas líquidas que pueden reducir las eficacias del sistema. Estas micropartículas pueden aumentar el riesgo, tras su inhalación, para la salud humana y animal. Por ello, y a pesar de tratarse de una técnica con futuro, todavía no existe un diseño optimizado para alojamientos avícolas que reduzca los mencionados inconvenientes. Es por ello que su implementación en la práctica todavía está lejos de poderse realizar.

Una de las técnicas de este tipo con mayor potencial y que ha demostrado ser técnicamente viable y económicamente asumible por el sector, es la ionización del aire. Se trata de una técnica sencilla que requiere un mantenimiento mínimo, pero es muy efectiva ya que alcanza reducciones del 36 % de partículas gruesas -Cambra-López y col., 2009-. La técnica se basa en la



Fig. 5. Sala piloto de broilers con sistema de ionización del aire suspendido en el techo -izda.- y detalle del generador de iones y superficies de recogida cargadas de polvo -dcha-. (Cambra-López y col., 2009)

atracción electrostática de las partículas suspendidas en el aire mediante un generador de electrones. Las partículas cargadas negativamente por los iones circulantes, son atraídas por las superficies cargadas positivamente y especialmente diseñadas para recoger el polvo -Fig. 5-. Uno de los inconvenientes que presenta, sin embargo, es la saturación de las placas de recogida de polvo. Éstas deben ser limpiadas con cierta frecuencia para mantener la eficacia del sistema, así como el resto de las superficies de la explotación -paredes y techo- que acaban actuando como superficies de recogida de polvo.

Por eso, y aunque efectivamente se trata de una medida adecuada, su aplicación queda limitada a explotaciones de broilers. En gallinas es menos recomendable

niveles deseados de reducción. En aquellas regiones en las que los límites de material particulado establecidos en la legislación ambiental pueden superarse, las medidas que a continuación se presentan se barajan como la única alternativa.

Los sistemas más sencillos dentro de este tipo son los filtros secos, normalmente compuestos de paneles plásticos y estructuras externas que protegen del polvo. Un ejemplo de estructuras externas se muestra en la Fig. 6, que ilustra una estructura tipo "capucha", diseñada para dirigir las partículas de polvo salientes a través de la ventilación hacia el suelo. Otra versión de este sistema son las barreras de protección, que consisten en paneles externos, normalmente metálicos o barreras biológicas



Fig. 6. Estructura para evitar la emisión de partículas de polvo al exterior, instalada en la salida de ventilación de una explotación de gallinas ponedoras en Holanda -izqda- y detalle del interior de la estructura y de la acumulación de polvo -dcha-. (Foto del autor, 2010)

ya que requeriría una frecuencia de limpieza mayor que es impracticable en estos sistemas de producción, en los que las naves permaneces llenas durante temporadas mucho más prolongadas que en broilers.

### Limpieza del aire: medidas que evitan la emisión de polvo

En última instancia, y especialmente en aquellas zonas con elevada densidad ganadera, es necesario aplicar medidas para reducir no sólo la concentración de polvo en el interior de los alojamientos, sino también su emisión al exterior. Se trata de medidas que generalmente se instalan en la salida de los ventiladores. A pesar de que las medidas de reducción en origen y las que evitan que el polvo se suspenda en el aire son más recomendables porque mejoran la calidad del aire interior, hay casos en los que su aplicación es insuficiente para alcanzar los

-barreras arbóreas-. La eficacia de estos sistemas puede ser variable, y aunque no han sido evaluados en detalle, parece que pudieran ser eficaces para reducir sobre todo las emisiones de las partículas más gruesas.

Los lavadores de aire -"scrubbers" en inglés-, diseñados para reducir olores y gases contaminantes al medio ambiente, y aplicados tradicionalmente en instalaciones porcinas, también son eficaces en la reducción de las emisiones de partículas de polvo. Actualmente se está trabajando en el diseño de lavadores de aire sencillos que permitan reducir las emisiones de polvo a un coste menor. En este sentido, en Holanda se están desarrollando prototipos de lavadores que impliquen menores costes de inversión que los lavadores comerciales para amoniaco y olores. Las eficacias de reducción de este tipo de técnicas son variables -oscilan entre 6 y 65% para distintos tamaños de partículas- y todavía es necesario optimizarlas en cuanto al caudal de aire, el tiempo de residencia de las partículas en el lavador y el mantenimiento del sistema.



### Análisis de costes

Un informe australiano publicado recientemente analiza económicamente algunas de estas alternativas para evaluar su viabilidad económica. Los costes que se muestran en la Tabla 1 están estimados para una explotación con capacidad para 35.000 pollos por nave, 5,5 ciclos de engorde al año, y una amortización de 10 años.

A la vista de estos datos y para maximizar la eficacia y minimizar costes, las alternativas de ionización del aire junto con la pulverización de aceites –costes no presentados– son las más adecuadas para instalaciones avícolas. En el caso de broilers la ionización del aire ha demostrado ser efectiva, pero en gallinas el sistema debe mejorarse. En el caso de los aceites, las eficacias de

Por eso, a pesar de que existen técnicas que han demostrado ser efectivas para alojamientos avícolas en diferentes casos, todavía no existe una solución global al problema y queda mucho camino para finalmente dar con medidas que maximicen la eficacia y viabilidad técnica al mínimo coste. En este sentido, son los propios ganaderos así como la comunidad científica y la administración, los que deberían apoyar estas iniciativas y la investigación que profundice en:

- Optimizar el sistema de ionización del aire para implementarlo en alojamientos de gallinas ponedoras
- Optimizar la dosis, frecuencia y tamaño de partícula para la pulverización de aceites en alojamientos de broilers y gallinas.

**Tabla 1. Resumen de costes (céntimos de euros por pollo) y eficacia estimada para alternativas de reducción de partículas de polvo en alojamientos avícolas (&)**

Alternativa	Coste total para 10 años de amortización (céntimos de €/pollo)	División de costes totales para el periodo de amortización (céntimos de €/pollo)			Eficacia de reducción
		Costes de inversión	Costes de mantenimiento	Costes asociados a reducción del número de pollos*	
Ionización del aire	0,65-0,70	0,60	0,05-0,10	-	40-60%
Filtro seco	0,40-5,7	0,15-2,50	0,15-1,60	0,07-1,60	50-70%
Estructuras externas	0,30	0,15	0,15	-	ND
Lavador húmedo	6,30	2,70	2,10	1,50	≥70%

\*Coste asociado a reducción del número de pollos debido a la instalación en el interior de la nave.

ND: Sin datos. (&) Dunlop, 2009

reducción son prometedoras para aplicarse tanto en broilers como en gallinas a escala comercial. La preferencia de este tipo de técnicas es clara ya que además de presentar eficacias de reducción elevadas –entre el 30 y el 85%–, mejoran la calidad del aire en el interior, siendo en estos momentos la mejor opción para reducir el polvo en los alojamientos avícolas a corto y medio plazo.

### Conclusiones

Aunque en el resto de Europa –especialmente en los países del norte– hay un interés creciente por reducir las concentraciones y emisiones de partículas de polvo, las medidas de reducción son específicas para cada lugar.

- Evaluar los efectos colaterales de las medidas de reducción de partículas sobre otros contaminantes

Con esta información se podrá contribuir finalmente a mejorar la calidad del aire dentro y fuera de los alojamientos avícolas, así como al desarrollo de medidas combinadas para combatir no sólo las partículas de polvo, sino también otros contaminantes como el amoníaco y los olores.

### Bibliografía

(Se enviará a los interesados que la soliciten). •