

La ventilación en los alojamientos para ganado porcino (I)

Miguel Angel Garcimartín Molina. Dr. Ingeniero Agrónomo
Prof. Titular del Departamento de Construcción y Vías Rurales. UPM

El problema de la renovación de aire, en los edificios ganaderos en general, va ligado a otros aspectos que influyen en las condiciones ambientales del edificio y que en su conjunto suelen denominarse climatización. Estos aspectos hacen referencia a la calefacción, la ventilación, el aislamiento y la refrigeración. La búsqueda de unas condiciones de aireación adecuada, que eviten los riesgos de afecciones respiratorias, intoxicaciones, infecciones u otros inconvenientes en el ganado, así como el mantenimiento de unas condiciones ideales de temperatura/humedad para el rendimiento óptimo de la especie, es el objetivo que se pretende en una explotación con un nivel tecnológico mínimo. Aislamiento-ventilación-calefacción (y refrigeración en su caso) conforman las variables que pueden contribuir de una forma definitiva a ese rendimiento.

En este trabajo se tratan los aspectos técnicos de la ventilación sin perder de vista los otros condicionantes, sino por el contrario teniéndolos en cuenta para un mejor planteamiento del problema y una más adecuada búsqueda de las posibles soluciones. No se tratan otros temas de interés como iluminación, o la densidad de animales en el alojamiento, por salirse del primer objetivo de este trabajo y estar relacionadas de una forma más indirecta (caso de la iluminación) o meramente cuantitativa (caso de la densidad).

Todos los aspectos anteriores son muy importantes tanto para la salud de los animales y su alimentación como para la producción, la calidad de los productos, las condiciones de trabajo de los operarios e incluso para la «salud» de los edificios e instalaciones.

Cuando los animales se encuentran en una situación en la que los valores tomados por las variables climáticas del alojamiento, temperatura, humedad, concentración de gases y movi-



Aislamiento ventilación-calefacción (y refrigeración en su caso) conforman las variables que pueden contribuir al rendimiento óptimo de los animales.

miento del aire a su nivel, son óptimos, se puede hablar de situación de confort adecuado, el cual se alcanzaría además considerando la iluminación, el ruido y la densidad de animales.

La ventilación sirve para mantener una composición adecuada del aire que respiran los animales, aportando aire limpio del exterior y expulsando del interior del edificio los gases nocivos, los efluvios, la humedad y el polvo que se producen en él.

El problema que se plantea es pues conjugar todos los aspectos anteriores para alcanzar el máximo confort. Aunque se hará especial mención del ganado porcino, muchas de las consideraciones y aspectos que aquí se recogen, respecto del tema tratado, son válidos para otros tipos de animales pues afectan a temas genéricos de la ventilación.

LOS UMBRALES DEL CONFORT EN EL GANADO PORCINO

Se trata de recoger en este apartado los límites máximo y mínimo y el nivel óptimo que deben tomar las variables ambientales para el ganado porcino en sus diferentes fases de desarrollo. Fuera de los límites máximo o mínimo de una variable en particular no es conveniente encontrarse por razones generalmente de tipo zootécnico, bien

porque la producción no sea rentable bien por la aparición de enfermedades e incluso la muerte del animal.

Los valores óptimos de las variables son aquellos que optimizan la ecuación crecimiento-producción-calidad-economía y son diferentes no sólo para la especie y para las fases de desarrollo, sino que por supuesto lo son también para la raza, por lo cual los valores recomendables que se incluyen en este trabajo en las diferentes tablas o cuadros, se refieren a valores medios que pueden variar en cada caso en particular.

Temperatura

Es claro que para las diferentes edades las condiciones de temperatura ambiente requeridas por el ganado varían en todas las especies, pero en particular en el porcino la exigencia es mucho mayor. El lechón, al contrario que otras especies, nace sin pelo, húmedo y con pocas reservas físicas para hacer frente al medio exterior, por lo cual las condiciones que se le deben procurar en los primeros días de vida deben ser adecuadas y rigurosamente controladas. El sistema de autorregulación térmica del cerdo joven está poco desarrollado para hacer frente a las variaciones de temperatura del ambiente. En la fase adulta el sistema de autoprotección

regula la temperatura del cuerpo de una manera más fácil.

Si las temperaturas bajas son perjudiciales debido principalmente al aumento del consumo para compensar la falta de calor, las altas temperaturas pueden acarrear inconvenientes tales como abortos en cerdas gestantes, disminución de la producción de leche en fase de lactación, retraso del celo, etc., así como una disminución clara de producción en animales en cebo. En el nivel térmico óptimo para cada estado de desarrollo influyen también las condiciones del alojamiento, particularmente el tipo de suelo y sobre todo en las primeras semanas. Así para suelos de hormigón convenientemente aislados se requieren temperaturas inferiores que para suelos

enrejados o con emparillados y superiores que para suelos provistos de cama.

En el cuadro I se recogen valores de los umbrales de temperatura que, para distintas fases del desarrollo del porcino, se han recopilado de diversas fuentes.

Humedad relativa

La humedad relativa es muy importante y está íntimamente relacionada con la temperatura en la ecuación del confort, pero también para el control, desarrollo y transmisión de enfermedades, sobre todo de las vías respiratorias. También tiene influencia en la calidad de las canales.

Una humedad relativa demasiado baja es perjudicial debido a la formación de polvo en el establo y a la sequedad de las vías respiratorias del animal.

La humedad relativa también tiene influencia en las condiciones de los materiales que forman el edificio y en su durabilidad y mantenimiento de sus propiedades, sobre todo en lo que hace referencia al poder aislante (muros y falsos techos) y a la corrosión de los materiales metálicos. En materiales higroscópicos una alta humedad relativa crea situaciones favorables para el crecimiento de cepas de microflora difíciles de eliminar.

La humedad relativa se regula en general peor que la temperatura si bien la horquilla en la que debe ser mantenida para el confort de los animales es más abierta. Entre un 60% y un 80%, o entre un 50% y un 75%, según autores, se encontrarían los valores adecuados de la humedad relativa. La regulación de la humedad relativa en la cochiquera se realiza por medio de la ventilación y a veces por la calefacción, siendo en la mayor parte de las veces un problema de humedad relativa alta que hay que reducir; en raras ocasiones será necesario aumentar la humedad relativa por encontrarse por debajo del límite inferior, recurriéndose entonces al riego de los pasillos o a la pulverización de agua directa.

Gases nocivos y polvo

Los cerdos en sus diferentes estados de desarrollo producen cantidades variables de anhídrido carbónico (CO₂), amoníaco (NH₃), ácido sulfhídrico (SH₂) y metano (CH₄), todos ellos gases contaminantes que se van concentrando en el interior del alojamiento cerrado. También se puede acumular en determinadas condiciones monóxido de carbono (CO) procedente de combustiones y otros efluvios de los animales o de las heces, mercaptanos, indol, escatol, etc. mucho menos estudiados en cuanto a su influencia en las condiciones del ganado. Sobrepasar ciertos límites de concentración de su contenido en el aire ambiente supone la aparición de diferentes anomalías que afectan a la salud de los animales y a la produc-

Cuadro I
Umbrales del confort del ganado porcino para distintas fases del desarrollo

Concepto	Tª Mínima °C	Tª Óptima °C	Tª Máxima °C	Humedad Relativa %	Velocidad del aire m/seg
Lechones Nacimiento (1)					
Días 0-2	—	30-35°	—		
Días 3-4	—	28°	—	60-70%	0,1-0,3
Días 5-destete	—	26-24°	—		
Lechones transición (2)		(*)			
Destete	28°	29,5° (2)	31°		
7 kg	23°	24,5°	26°		
10 kg	22°	24°	24°	60%	0,1-0,4
15 kg	19°	21,5°	24°		
20 kg	16°	20°	24°		
30 kg	14° (18°)	19°	24° (28°)		
Fase de cebo (3)					
40 kg	13°	24°	26°	65-70%	
60 kg	12°	24°	26°	»	0,2-0,5
80 kg	10°	18°	26°	»	
100 kg	9° (16°)	18°	26° (28°)	70-80%	
140 kg	9°	15°	26°	80-90%	
Reproductores					
Verracos	0°	16-18°	30°	65-70%	0,2-0,7
Hembras	0°	16-18°	30°	»	»
Hem. gestantes	—	16-18°	—	65-75%	0,4-2 (4)
Fase de parto	—	18-20°	—	—	—
Sala de monta	—	16-18°	—	65-75%	0,4-4 (4)

(1) Temperaturas óptimas en el nido (ADAS, 1983) en suelos de hormigón aislado (1 °C más sobre slat total). En el ambiente deben mantenerse entre 20-24 °C los 2 primeros días y no bajar de 15° en toda la fase. Temperatura en el nido lograda mediante aporte de calor localmente aplicado.

(2) Valores estimados (ADAS, 1983) para soleras de hormigón aisladas. Con cama de paja pueden reducirse las temperaturas en 1 °C; con rejilla parcial o total deben aumentarse en 1-2 °C. En jaulas se estiman temperaturas de 28 ± 0,5 °C en la 1.ª semana (destete a los 21 días), bajando hasta llegar a 20 °C al final de la fase. Entre paréntesis datos de Chosson (ITP).

(3) Datos de Bruce en suelo de hormigón con un nivel de alimentación igual a 3 veces la ración de mantenimiento y en grupos de 15 a 5 animales s/peso. Para suelo emparillado metálico las temperaturas son iguales o 1° superiores.

(4) Velocidad máxima admisible en condiciones de verano.

(*) Los valores óptimos en esta fase indicados son medias de los valores extremos.



MAXUS : Potenciador oréxico del crecimiento.

Maxus es un potenciador oréxico desarrollado por ELANCO para mejorar el rendimiento de los cerdos jóvenes y, por tanto, impulsar el crecimiento.



- ◆ Estimula el apetito.
- ◆ Incrementa el consumo de pienso.
- ◆ Mejora el índice de conversión.
- ◆ Favorece la biodisponibilidad de los nutrientes.
- ◆ Estabiliza la flora bacteriana.
- ◆ Mantiene la estructura de las vellosidades intestinales.
- ◆ Procura un estado corporal favorable.
- ◆ En definitiva, el cerdo come más y crece más rápido y eficientemente.

MAXUS en las primeras semanas.
Porque un buen final siempre empieza
con un buen arranque.

ELANCO

LIDERANDO EL CRECIMIENTO.

AL FINAL TAMBIEN CUENTA EL PRINCIPIO

ción, y que han sido estudiados por diversos investigadores.

Los límites de concentración establecidos por los especialistas como máximos que no conviene superar son los siguientes:

- Anhídrido carbónico: 3000 a 5000 ppm (3 a 5%).
- Amoníaco: 100 ppm.
- Acido sulfhídrico: 20 ppm.
- Monóxido de carbono: 50 ppm.

El gas metano, más ligero que el aire, se elimina fácilmente y no suele constituir un problema en los establos de cualquier clase de ganado.

Siendo el CO₂ y el SH₃ más densos que el aire su eliminación debe realizarse por la parte superior de la nave,

en tanto que el NH₃ como el metano, más ligeros, se eliminan por la parte superior.

Por lo que se refiere al polvo es inevitable cuando se manipulan los alimentos o la cama de los animales. Sus efectos indeseables se producen directamente por irritación de las vías respiratorias y como portadores en las partículas de organismos patógenos transmisores de enfermedades. La temperatura elevada y la baja humedad relativa o una alta velocidad del aire pueden jugar un papel importante en la generación de polvo y en el aumento por tanto de sus efectos indeseables. Se elimina mediante su expulsión por la ventilación o por filtración del aire dentro del edificio.

Velocidad del aire

La ventilación reemplaza una masa de aire viciado interior por otra de aire fresco exterior, consecuentemente el desplazamiento de la masa en un determinado tiempo comporta una velocidad y la posible formación de corrientes. El movimiento del aire en la proximidad del cuerpo de los animales afecta sobre todo a la emisión de calor por convección y de calor latente por evaporación. Una velocidad del aire elevada es muy perjudicial para los animales puesto que produciría un enfriamiento rápido del local por elevación de la emisión calorífica por convección. Podría no obstante tener un efecto favorable en la sensación de confort cuando debido a las altas temperaturas el animal no es capaz de eliminar el calor que produce, aunque este aspecto beneficioso lo es en forma limitada.

Se recomiendan unos límites de velocidad muy estrictos en porcino, de 0,1 a 0,3 m/seg. para los lechones en los primeros días y de 0,2 a 0,7 m/seg para otros estados de desarrollo de cerdos tanto de reproducción como de cebo. En verano pueden aceptarse velocidades superiores, hasta 2 m/seg, por su componente de contribución al confort (cuadro I).

En cualquier caso deben evitarse las corrientes de aire, eligiendo para ello correctamente la forma, el emplazamiento y las dimensiones de las entradas de aire y la regulación de la cantidad que entra en el interior del edificio.

Densidad de población

Ha de tenerse en cuenta para el cálculo de las cantidades de calor, de humedad y de gases producidos, la densidad de animales en el alojamiento, pues las altas densidades que actualmente se encuentran muchas veces se alojan en edificios no estudiados para ello. Interesa pues el aspecto cuantitativo para establecer correctamente los parámetros de proyecto del edificio, en cuanto a otros aspectos zootécnicos en las referencias bibliográficas se encuentran experiencias realizadas y sus consecuencias en los resultados de la explotación porcina.

Cuadro II				
Calor sensible y humedad producida por el ganado porcino en distintas fases de producción y condiciones (*)				
Concepto	Peso (kg)	Calor sensible (kc/h a 21 °C)	Calor sensible (Kc/h a 18,3 °C)	Vapor de agua emitido (g/h a 18,3 °C)
Lechones				
Nacimiento	—	—	3,4 (27 °C)	12,6
3 semanas	—	—	8,6 (21 °C)	21,4
Fase de cebo	14	30	32	43
	18	34	43	52
	23	43	47	60
	27	47	52	68
	45	64	71	95
	57	73	82	109
	68	77	90	117
	90	94	107	145
	113	124	139	185
Hembras	147	172	—	—
	193	198	—	—
Hembra con 10 lechones	—	—	211 (12,8 °C)	196

(*) Tomado de Maton.

Cuadro III			
Calor sensible y humedad producida por el ganado porcino en cebo (*)			
Concepto	Peso vivo (kg)	Calor sensible (kc/h a 21 °C)	Vapor de agua producido (g/h a 18 °C)
Fase de cebo	25	50	50
	50	85	80
	70	100	95
	90	115	110
	110	140	135
	130	165	140
	150	175	150

(*) Según Weller-Chiappini. Tomado de G. Boschetti, 1989.

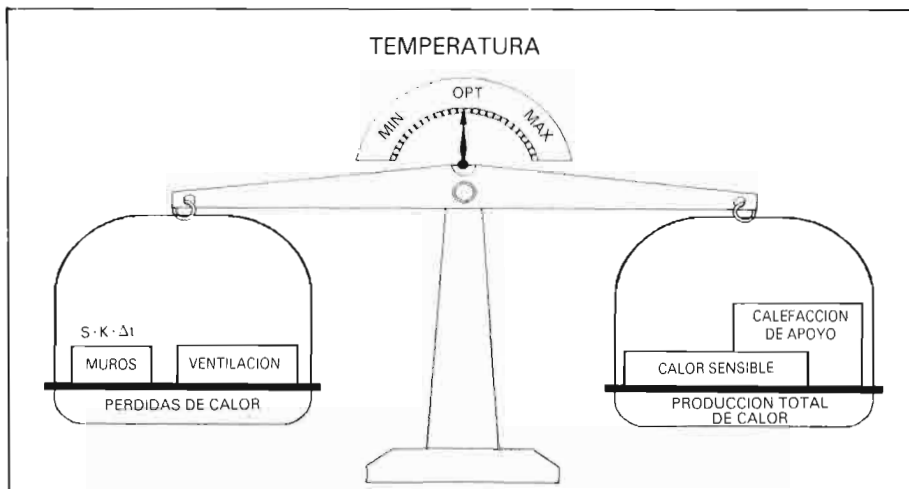


Fig. 1. Balance Térmico en el interior del alojamiento.

Ruido

La instalación de aparatos y las propias salidas y entradas de aire comportan la producción de ruido que puede perturbar las condiciones de reposo de los animales e influir en su irritabilidad y en su carácter. Aunque no se han encontrado datos o parámetros que permitan conocer los umbrales del ruido soportables por la especie, es un aspecto que el porcicultor debe tener en cuenta a la hora de la elección de los aparatos y vigilar durante la explotación.

Interrelación de los factores anteriores

Es evidente que algunos factores anteriores varían íntimamente ligados a otros y es por tanto de suma importancia tener en cuenta esas interrelaciones a la hora de proyectar el sistema de climatización del alojamiento. Es por ello que al hablar de ventilación no pueda desligarse de los demás aspectos mencionados pues, en mayor o menor medida, el estudio de la ventilación va a estar condicionado y a su vez va a condicionar a los restantes sistemas (calefacción, refrigeración, aislamiento, construcción, etc.).

DETERMINACION DEL CAUDAL DE AIREACION

La instalación de ventilación, en un alojamiento ganadero en general, debe estar basada en las necesidades de verano tendentes a reducir la diferencia de temperatura entre el aire exte-

rior y el aire interior (pudiendo ser necesario refrigerar el aire entrante), pero un adecuado estudio de las condiciones invernales, en las que ha de tenerse en cuenta el equilibrio del calor y de la humedad, es asimismo importante desde el punto de vista de la regulación y del cálculo de una eventual calefacción de apoyo.

El estudio del equilibrio entre la producción y extracción de calor se realiza mediante un balance de calor, mientras que el balance de humedad compara la producción y extracción de vapor. La armonización de la relación calor/humedad significa que simultáneamente se tiende a un equilibrio entre la producción y la extracción tanto de calor como de humedad y ello es lo que debe buscarse para lograr unas condiciones ambientales apropiadas. Por otra parte debe asegu-

arse la eliminación de gases nocivos y particularmente del CO₂, lo que generalmente se cumple cuando la ventilación está bien ajustada.

El equilibrio entre el calor producido en el interior del alojamiento (por todos los conceptos) y el calor disipado a través de los cerramientos y por la ventilación se muestra en la fig. 1.

La horizontalidad de la balanza (igualdad en el balance) marcaría el óptimo de temperatura que desde el punto de vista zootécnico conviene a los animales alojados. Unas pérdidas superiores al calor producido indicarían una temperatura por debajo de la óptima, cuyo límite inferior puede establecerse en la temperatura crítica mínima zootécnica. Por el contrario unas pérdidas inferiores conducirían a un aumento en la temperatura interior cuyo límite marcaríamos como la máxima zootécnica para la especie en un estado de desarrollo determinado.

En este primer balance puede actuarse en los dos sentidos variando aquellos factores de cada término que son modificables y que se marcan con un asterisco.

En el interior del establo deberían considerarse todos los aportes de calor disipado por todos los conceptos (calor de los animales, emitido por lámparas, motores, etc.), si bien sólo se considera el calor sensible producido por los animales, lo que si para el cálculo de las necesidades de calefacción supone una cierta seguridad, es dudoso para el cálculo de la ventilación. Por lo

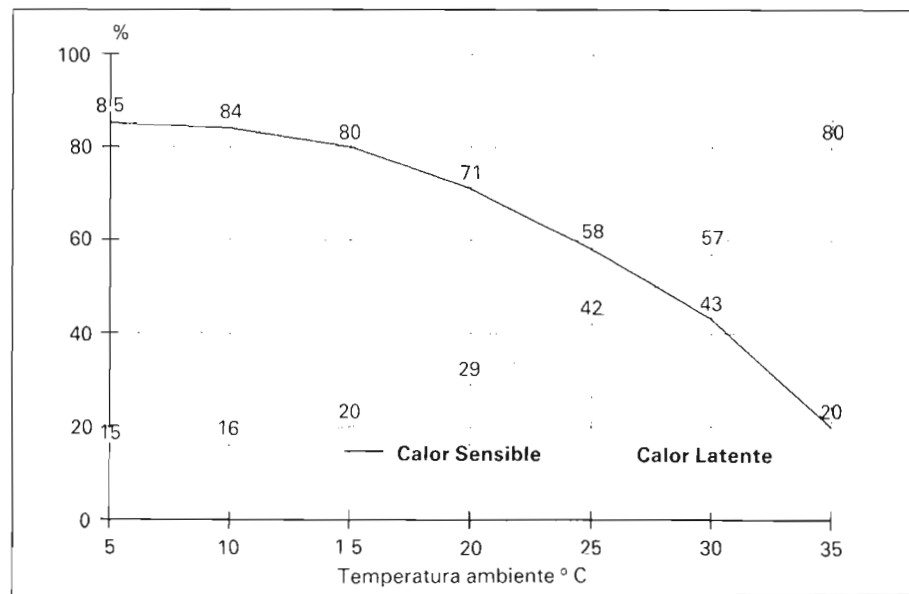


Fig. 2. Calor Sensible y Calor Latente en cerdos.

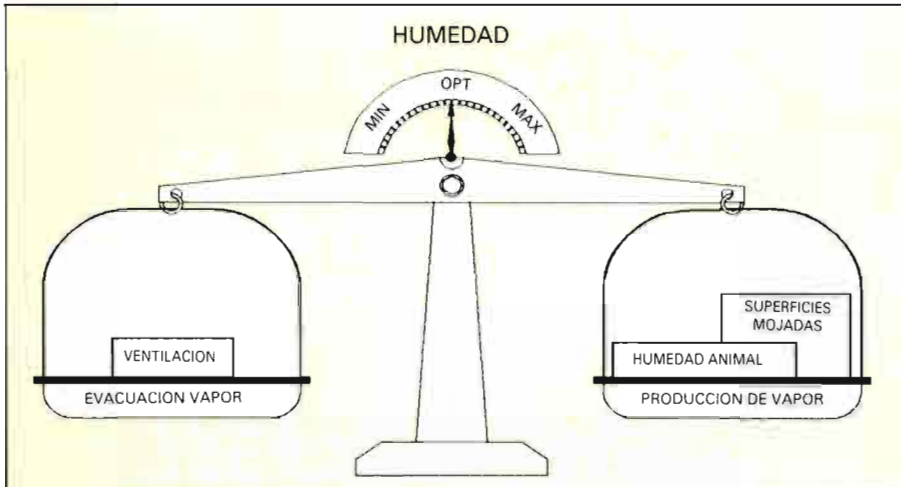


Fig. 3. Balance de Humedad en el interior del alojamiento.

que se refiere al calor producido por el ganado, se considera compuesto por dos sumandos, el calor sensible y el calor latente. El calor sensible es el emitido por radiación, convección y conducción, en tanto que el calor latente es el producido por evaporación. En los cálculos de ventilación tanto de invierno como de verano sólo se considera el calor sensible. La pro-

porción entre las pérdidas por calor sensible y latente en cerdos se muestran en el gráfico de la fig. 2. Como puede apreciarse a medida que la temperatura ambiente aumenta el calor sensible disminuye y el calor latente aumenta. Para condiciones normales del alojamiento la proporción calor sensible/calor latente es del orden de 3/1.

En los cuadros II, III y IV se reco-

gen los valores de las pérdidas de calor sensible y la producción de humedad para ganado porcino para distintas fases de su desarrollo y condiciones de temperatura tomados de diversas fuentes.

En forma analítica el esquema anterior se expresa como sigue:

$$\text{PERDIDAS EN EL EDIFICIO} + \text{PERDIDAS POR VENTILACION} = \text{CALOR SENSIBLE} + \text{CALEFACCION}$$

$$S \cdot K \cdot \Delta t + V \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta t = Q + [4]$$

Donde:

S = Superficie de las superficies del alojamiento en contacto con el exterior (m²).

K = Coeficiente de conductividad medio ponderado de las superficies anteriores (Kc/m² °C h).

Δt = Diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior (°C).

V = Volumen de aire a reemplazar si se quiere mantener la temperatura del alojamiento en los límites establecidos (m³/h).

c = Calor específico del aire (Kc/Kg. °C).



BOCCHI

SYSTEM SpA

... Antigua tradición y continua investigación para resultados siempre en vanguardia.

- Líneas industriales de tratamiento térmico y torrefacción de copos.
- Instalaciones de torrefacción para ... avena, cebada, maíz, etc...

Eliminación total de los factores antinutricionales y anulación de la urcasa en las semillas de soja...

... Mínimos costes de transformación

BOCCHI
SYSTEM SpA

Via Matteotti, 26 - Z.I.
40127 Bologna Cadriano
Tel. 051/766363 (4 linee r.a.)
Fax 051/766686

Dipenisol Retard, al microscopio

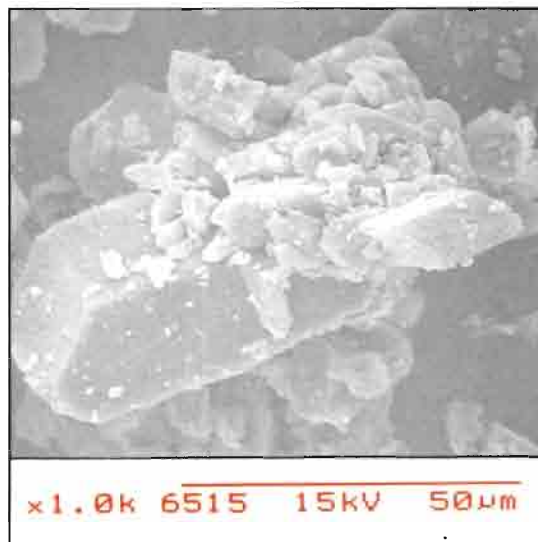
También el microscopio nos descubre aspectos que singularizan a Dipenisol Retard.

El micronizado de sus partículas (entre 2 y 60 veces más pequeñas de lo que es habitual en otras suspensiones de penicilina-estreptomina), permite:

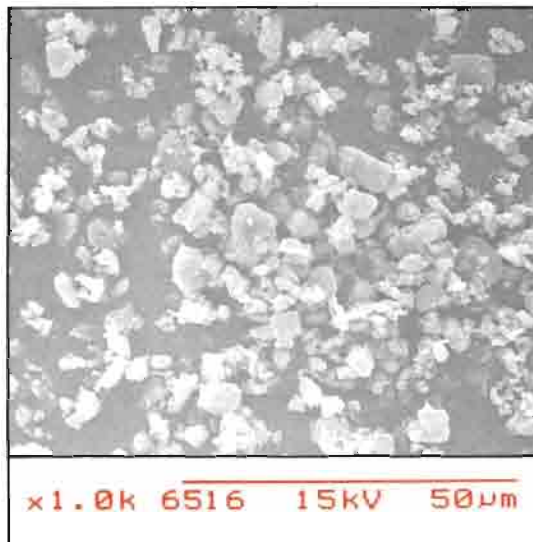
- Aumentar la superficie de contacto.
- Mejorar la absorción de los principios activos.
- Obtener una mejor relación dosis/eficacia.

La regularidad del micronizado asegura la correcta suspendibilidad e inyectabilidad de Dipenisol Retard. Los micronizados irregulares de otros preparados pueden provocar la aglutinación de las partículas y consecuentemente la disminución de sus cualidades farmacológicas. Asimismo, una micronización irregular provoca una sedimentación desigual de las partículas, con lo que la suspendibilidad queda afectada.

Dipenisol Retard se distingue al microscopio por su óptima calidad galénica, probablemente única en el campo de las combinaciones antibióticas.



Partículas muy irregulares y de considerable tamaño, correspondientes a la Penicilina G Procaína contenida en una combinación penicilina-estreptomina.



Partículas de mínimo tamaño (~ 5 micras) y evidente regularidad, correspondientes a la Penicilina G Procaína contenida en Dipenisol Retard.

γ =Peso específico del aire (Kg/m³).
 Q =Cantidad de calor sensible producida por el ganado (Kc/h).
 q =Cantidad de calor a aportar por una eventual calefacción de apoyo (Kc/h).

En invierno, si no se quiere emplear calefacción de apoyo, o si se quiere minimizar su empleo para evitar gastos, se puede calcular una ventilación máxima tal que no se baje de la t^a mínima establecida en el alojamiento;

denominaremos a esta ventilación V₁.
 Aún será necesario establecer el balance de humedad y verificar si esa ventilación V₁ sería capaz de eliminar el exceso de humedad o no alcanza a hacerlo, en cuyo caso el nivel de humedad podría estar por encima del límite establecido y habrían de tomarse medidas para rebajarlo, lo cual se comenta más adelante.

En la fig. 3 se muestra el balance de humedad, cuya formulación analítica sencilla se realiza expresando la cantidad de agua del aire interior capaz de extraer por hora un metro cúbico de aire exterior en unas determinadas condiciones de temperatura y humedad relativa.

$$V \cdot (h_i - h_e) = X$$

Donde:

V =Volumen de aire a reemplazar si se quiere mantener el nivel de humedad en el alojamiento en los límites establecidos (m³/h).

h_i =Humedad absoluta de aire en el interior del alojamiento a una temperatura y humedad relativa determinadas (gr/m³).

h_e =Humedad absoluta de aire en el interior del alojamiento a una temperatura y humedad relativa determinadas (gr/m³).

X =Cantidad de vapor total producido en el establo (por los animales, aguas de limpieza, etc.) (g/h).

Los valores de h_i y h_e se obtienen en un ábaco psicrométrico (se incluye copa tomada de NBE-CT-79) o se calculan a partir de los valores del cuadro VI que proporciona la cantidad en g de agua por kg de aire saturado a diferentes temperaturas.

El vapor producido por los animales puede estimarse a partir de los datos de los cuadros III y IV, según la fase de desarrollo. En cuanto al vapor procedente de las superficies mojadas es muy variable y algunos autores recomiendan multiplicar por un factor de corrección las producidas por los animales. Así para el porcino sobre cama de paja el factor recomendado es 2, en tanto que sobre suelos enrejillados es de 1,15.

Si se quiere extraer del alojamiento la totalidad del exceso de agua para no rebasar una determinada humedad relativa, se obtendría una ventilación mínima que denominaremos V₁₁.

Cuadro IV

Calor sensible y humedad producida por el ganado porcino en distintas fases de producción y condiciones (*)

Concepto	Peso vivo (kg)	Calor sensible (Kcal/h)	Vapor de agua producido (g/h)
Lechones en transición T ^a de referencia 25 °C	10	30	60
	15	35	65
	20	45	70
Fase de cebo T ^a de referencia 20 °C	25	55	50
	30	60	55
	40	75	75
	50	80	85
	60	85	90
	70	90	95
	80	100	100
	90	110	105
	100	115	110
Verracos y hembras jóvenes T ^a de referencia 15 °C	130	130	125
	140	135	130
	150	140	135
	160	145	135
	170	150	135
Hembras adultas T ^a de referencia 15 °C	180	155	135
	190	160	140
	200	165	140
	210	170	140
	220	175	140
	230	180	140
	240	190	145
	250	195	145
Hembra con su camada (4 semanas) T ^a de referencia 20 °C	—	250	400
Verracos T ^a de referencia 15 °C	300	220	160

(*) Tomado de Debruyckere y otros.

Cuadro V

Producción de CO₂ por el ganado porcino (*)

Peso vivo (kg)	CO ₂ producido (l/h)	Peso vivo (kg)	CO ₂ producido (l/h)
7	10	33	100
10	20	47	150
13	30	62	200
21	60	90	300

(*) Según Din 18910.

Nota: El contenido en CO₂ del aire limpio es aproximadamente de un 0,3%, por tanto para eliminar X litros producidos en el alojamiento, queriendo mantener el nivel de concentración por debajo de un 4% (4000 ppm), sería preciso renovar:

$$V = \frac{X \cdot 1}{(4 - 0,3) \text{ l/m}^3}$$

Si V_H (mínima en el balance de humedad) es superior a V_I (máxima en el balance de temperatura), será necesario reemplazar V_I por V_H en el balance de temperatura. Si este balance indicaba una temperatura mínima (pues V_I tiene ese significado), un incremento en las pérdidas por mayor ventilación, haría bajar la temperatura por debajo del mínimo establecido. Para contrarrestar las pérdidas de calor sería preciso aumentar la cantidad de calor en el interior del edificio, lo que puede lograrse:

- Aumentando la calefacción de apoyo hasta alcanzar la t° mínima establecida o restablecer el equilibrio a t° óptima.
- Incidiendo, si es posible, en la disminución de pérdidas a través del edificio mejorando el aislamiento (disminución de K) o disminuyendo la superficie de contacto con el exterior (menor dimensión del local, falsos techos removibles, etc.).
- No vale (ver fig. 1) aumentar el calor sensible Q (por ejemplo

umentando la ocupación) para llevar la balanza a la zona óptima de temperaturas porque aumentaría la producción de humedad obteniendo el efecto contrario al deseado.

- También se podría actuar sobre el balance de humedad disminuyendo la producción de humedad (por ejemplo sobre las superficies mojadas o las deyecciones), hasta alcanzar al menos la igualdad entre V_H y V_I . (El factor de corrección por superficies mojadas se antoja muy importante a estos efectos).

En verano el problema térmico se resuelve de una forma similar, si bien en climas muy calurosos es posible que sea necesario, por exceso de calor, recurrir a la refrigeración, que en un balance general como el que se muestra a continuación se expresa como una deducción de calor. El balance sería:

$$\begin{array}{r} \text{PERDIDAS EN} \\ \text{EL EDIFICIO} \end{array} + \begin{array}{r} \text{PERDIDAS POR} \\ \text{VENTILACION} \end{array} = \begin{array}{r} \text{CALOR} \\ \text{SENSIBLE} \end{array} - \begin{array}{r} \text{REFRICERACION} \\ \text{ACION} \end{array}$$

$$S \cdot K \cdot \Delta t + V_v \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta t = Q - |q|$$

En el verano, tras un período más o menos largo, función de la inercia térmica del edificio, las temperaturas exterior e interior tienden a igualarse, con lo que la eliminación de calor sensible puede verse bastante comprometida. El primer sumando prácticamente se anula al ser la diferencia de temperatura entre las superficies interiores y exteriores de los cerramientos muy similares. En cuanto al segundo sumando se admite que la temperatura interior sea de 2 a 3 °C superior a la exterior (de 1 a 4 °C s/DIN 18910), con lo que el calor cedido por la renovación de aire es muy reducido. Sin embargo en las condiciones de verano, en las que la temperatura en el interior del alojamiento es superior a la del invierno, el calor sensible emitido por los animales es inferior (ver fig. 2), lo cual equilibra algo la situación. El balance térmico de verano, prescindiendo de las pérdidas a través de las paredes y de la refrigeración, quedaría:

$$V_v \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta t = Q$$



ensink Compañía Comercial Holandesa

OFRECE:

Cerdos alemanes y holandeses

- Suministro semanal de hasta 5.000 piezas
- Calidad: según demanda
- Precios: variables
- Correspondencia: idiomas francés, inglés y alemán

Pedidos a:



ensink

H. MENSINK Im-Export. Ootmarsumseweg 281. 7666 NB Fleringen (NL)

Teléf.: 05417 - 70330

Fax 05417 - 70595

AG-BAG.

EL SISTEMA DE ENSILADO FLEXIBLE Y EFICAZ

REDUCE LOS COSTOS DE ALIMENTACION



**CONDICIONES COMPLETAMENTE ANAEROBICAS.
MEJOR CALIDAD DEL ENSILADO.
REDUCCION IMPORTANTE PERDIDAS DE ENSILADO.
SIN POLUCION NI CONTAMINACION.
ALMACENE DONDE NECESITA EL FORRAJE
SIN INVERSION ALGUNA**



CONCESIONARIO PARA ESPAÑA ·

APCOSA

**Alfonso Rodríguez Santamaría, 9
Teléfono: 563 39 02
Telefax: 563 57 18
28002 Madrid**

Donde:

V_r =Volumen de aire a renovar en condiciones de verano (m^3/h).

c =Calor específico del aire en ($Kc/Kg \cdot ^\circ C$).

γ =Peso específico del aire (kg/m^3).

Δt =Diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior (2 a 3 $^\circ C$).

Q =Cantidad de calor sensible producida por el ganado (Kc/h).

Por último sería preciso verificar si los volúmenes de aire a renovar en condiciones tanto de verano como de invierno son capaces de eliminar los gases producidos, lo que se realiza comprobando en particular la eliminación de CO_2 que es con mucha diferencia el que los animales producen en

mayor cantidad. La comprobación se realiza en condiciones de invierno dado que el volumen movido de aire por hora es mucho menor que en condiciones de verano. El cálculo se hace como un sencillo problema de mezclas con los datos que para el CO_2 se incluyen en el cuadro V no ofreciendo mayor dificultad; generalmente el volumen resultante es inferior al necesario para eliminar la humedad, no obstante en invierno podría ocurrir que los balances (humedad/calor) estén en equilibrio al mismo tiempo pero que la concentración de gases sea a pesar de todo demasiado alta. La solución consiste una vez más en recurrir a una calefacción de apoyo con el

fin de obtener una mayor ventilación capaz para la eliminación del exceso de gases.

El equilibrio del balance de calor (t^a constante) de una ventilación natural es obtenido por la apertura o el cierre de las bocas de entrada de aire. En una instalación de ventilación mecánica se realiza generalmente por medio de termostatos o de variadores de velocidad. La ventilación así obtenida da siempre lugar a la evacuación de una cierta cantidad de vapor. Si la ventilación es superior a la producción de vapor implica que el balance de humedad no está equilibrado, la humedad relativa en el establo será inferior al valor máximo admisible lo que crea una sensación de clima favorable, pero que debe mantenerse por encima de los mínimos zootécnicos requeridos según la fase de desarrollo.

Primeras consideraciones:

- El problema de la ventilación-calefacción [refrigeración]-aislamiento es complejo y no puede estudiarse sin relacionar de forma adecuada todos los factores que intervienen en el mismo.
- Las características del edificio, en particular las características térmicas de los materiales que los componen, tienen una gran influencia, por lo que deben elegirse cuidadosamente después de un estudio detallado de los aspectos anteriormente mencionados.
- Las condiciones de cálculo para dimensionamiento y proyecto deben determinarse con realismo, para no quedar corto en la elección de los aparatos ni sobredimensionar sistemas que son caros. Por otra parte las situaciones son cambiantes tanto a lo largo del año como en el transcurso del día, por lo cual se impone un sistema de regulación ágil y eficaz que, basándose en datos tomados *in situ* (del termómetro y del higrómetro normalmente), determinen y pongan en marcha las nuevas condiciones del alojamiento.
- Es evidente que la regulación del clima ideal es tanto más difícil cuanto la relación vapor a evacuar/calorías que pueden ser ventiladas es grande.

Cuadro VI

Contenido de agua en g/kg de aire húmedo saturado

Temperatura $^\circ C$	Contenido en agua g/kg	Temperatura $^\circ C$	Contenido en agua g/kg
-20	0,654	10	7,88
-19	0,720	11	8,44
-18	0,792	12	9,02
-17	0,870	13	9,64
-16	0,955	14	10,30
-15	1,048	15	11,0
-14	1,150	16	11,74
-13	1,260	17	12,54
-12	1,379	18	13,37
-11	1,509	19	14,25
-10	1,650	20	15,19
-9	1,801	21	16,18
-8	1,969	22	17,24
-7	2,149	23	18,33
-6	2,343	24	19,51
-5	2,552	25	20,77
-4	2,781	26	22,09
-3	3,030	27	23,47
-2	3,300	28	24,93
-1	3,590	29	26,49
0	3,900	30	28,14
1	4,200	31	29,88
2	4,510	32	31,69
3	4,850	33	33,64
4	5,200	34	35,69
5	5,580	35	37,90
6	5,980	36	40,10
7	6,420	37	42,50
8	6,880	38	45,10
9	7,360	39	47,80
		40	50,60

Nota: Para pasar de g/kg a g/m³ se multiplica por el peso específico del aire que es variable con la presión y la temperatura, pudiendo determinarse en algún abaco de la bibliografía especializada. Para 1 atmósfera de presión y 10 $^\circ C$ de temperatura vale 1,20 kg/m³ y para 20 $^\circ C$ 1,24 kg/m³, pudiendo interpolarse linealmente entre ambos para temperaturas intermedias.

El contenido de agua por metro cúbico de aire a una determinada temperatura y humedad relativa H_r se obtiene por:

$$h_r = \frac{h_{sat} \cdot H_r}{100} \cdot \gamma$$