

CONTROL AMBIENTAL EN EXPLOTACIONES CUNÍCOLAS

Fernando Estellés, Eliseo Bustamante, Antonio G. Torres y Salvador Calvet
Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universidad Politécnica de Valencia



1. LA IMPORTANCIA DE LA CLIMATIZACIÓN Y EL CONTROL AMBIENTAL

Uno de los factores de producción más relevantes, y sobre los que el ganadero dispone de un mayor margen de maniobra es el control ambiental de las naves. Mantener a los animales en unas condiciones óptimas desde el punto de vista del confort ambiental es fundamental, y no únicamente considerando la mejora en factores productivos, sino también atendiendo al bienestar de los animales y a los impactos producidos en el medio ambiente (Villagrà *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista de facilitar el confort ambiental de los animales, los parámetros más importantes son la temperatura, la humedad, la velocidad del aire, la concentración de gases (principalmente el amoníaco y el dióxido de carbono) y la carga microbiana en aire.

La temperatura es quizá el factor con un efecto más evidente desde el punto de vista productivo. En primer lugar, aquellos animales que se encuentren fuera de su temperatura óptima, destinarán parte de la energía consumida en el pienso a termo regularse, reduciendo así su crecimiento y/o su capacidad reproductiva. Así, por ejemplo, los conejos consumirán aproximadamente un 10% más de pienso a 10°C que a 20°C, aumentando el coste de alimentación, según la revisión realizada por Cervera y Fernandez-Carmona (1998). Por otro lado, la aptitud reproductiva de los animales se ve claramente afectada cuando las temperaturas se encuentran fuera de los rangos recomendados, reduciéndose la fertilidad y prolificidad, afectando a la producción de leche y aumentando la mortalidad pre-destete a temperaturas elevadas (Frangiadaki *et al.*, 2003).

La información disponible acerca del resto de factores sobre la producción en cunicultura es escasa, a excepción de la concentración de amoníaco. En este sentido, elevadas concentraciones de



MANTENER A LOS ANIMALES EN UNAS CONDICIONES ÓPTIMAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CONFORT AMBIENTAL ES CONSIDERANDO UNA MEJORA EN FACTORES DEL BIENESTAR DE LOS ANIMALES Y DE LOS IMPACTOS PRODUCIDOS EN EL MEDIO AMBIENTE

amoníaco en la nave conllevan efectos negativos sobre los animales de cebo y las reproductoras, afectando los índices productivos en ambos casos. Las consecuencias de estas altas concentraciones de amoníaco pueden observarse incluso semanas después de producirse (Sahuquillo *et al.*, 2004). Por otro lado, excesos de humedad y concentración de polvo y microorganismos favorecen la aparición de enfermedades respiratorias en el conejo.

Para conseguir unas condiciones óptimas en el interior de la nave, se dispone de diversas herramientas, que se pueden clasificar en: ventilación, aislamiento, calefacción y refrigeración. La ventilación es el factor más importante, dado que es clave para el control de todos los parámetros mencionados anteriormente (temperatura, humedad, velocidad de aire, y concentración de gases y microorganismos). El aislamiento afectará únicamente al control térmico, siendo en este caso de gran relevancia. Finalmente, la calefacción y refrigeración tienen una implicación directa sobre la regulación de temperaturas, aunque también se ve afectada la humedad relativa.

Tabla 1: Rangos de temperatura óptimos y críticos en función del tipo de animal (Ferré, 1996).

Tipo de animal	Temperatura óptima (°C)	Temperatura crítica (°C)
Maternidad	16-20	10-25
Machos	14-18	6-24
Dentro del nidal	31-33	31-33
Recién destetados	19-22	14-26
Engorde	19-22	10-30
Recría	16-18	8-28

2. NECESIDADES DE LOS ANIMALES

El primer paso para conseguir una climatización adecuada en las granjas es conocer las necesidades de los animales.

En el caso de la temperatura es necesario definir dos conceptos: la **temperatura óptima** y la **temperatura crítica**. La temperatura óptima es aquella a la cual el animal requiere un esfuerzo mínimo para regular su propia temperatura, optimizando así el uso de los recursos energéticos, tal y como se ha comentado anteriormente, por encima y por debajo de estas temperaturas, parte de la energía consumida en el pienso será destinada a termorregulación, con el consecuente perjuicio productivo. Normalmente no existe un valor único para la temperatura óptima sino un rango de variación, más o menos estrecho dependiendo del tipo de animal. La temperatura crítica es aquella que limita la producción, y normalmente existe una temperatura crítica superior y una inferior. Así pues, si se supera la temperatura crítica superior o no se alcanza la temperatura crítica inferior, los perjuicios productivos y sanitarios se consideran inaceptables.

La Tabla 1 recoge rangos de temperatura óptimos y críticos para la producción cunícola en función del tipo de animal

Cabe destacar que para esta especie animal, los problemas aparecen con temperaturas elevadas, puesto que son bastante resistentes al frío. Esta situación se agrava en zonas calurosas y húmedas como es el caso del arco mediterráneo.

En lo referente a la humedad relativa, ésta debe encontrarse entre el 60 y 70% dentro de la nave para optimizar la producción, aunque en momentos puntuales se puede llegar hasta el 55 o 75% (Ferré, 1996).

Las concentraciones de amoníaco deben mantenerse por debajo de las 20-25 ppm como norma general en explotaciones ganaderas (Wathes y Charles, 1994; CIGR, 1992). En cunicultura, a pe-

sar de que existen pocos estudios al respecto, Ferré y Rosell (2000) consideran que la concentración es elevada al superar las 10 ppm. Por otro lado, se recomienda de modo general que las concentraciones de dióxido de carbono no superen las 3.000-5.000 ppm en el interior de los alojamientos ganaderos (Wathes y Charles, 1994; CIGR, 1992). Finalmente, las concentraciones máximas de partículas deseables en explotaciones ganaderas son de 1.7 mg/m³ y 3.4 mg/m³ para PM 2.5 (partículas con un diámetro inferior a 2.5 micras) y PM10 partículas con un diámetro inferior a 10 micras) respectivamente (Cambra-López *et al.*, 2008).

3. NECESIDADES DE VENTILACIÓN

Determinar las necesidades de ventilación en una explotación ganadera es una tarea compleja dado que, como se ha visto anteriormente, es un factor clave para el control de la temperatura, humedad y contaminantes en el ambiente. Así, las necesidades de ventilación pueden ser diferentes en función del parámetro que se desee controlar, por lo que se establecerán diferentes criterios de cálculo. En los siguientes epígrafes se revisan de forma simplificada los métodos de cálculo de ventilación para controlar la temperatura, la humedad y la concentración de gases contaminantes.

3.1. CONTROL DE LA TEMPERATURA

El cálculo de las necesidades de ventilación para controlar la temperatura en el interior de las naves se fundamenta en los balances de calor sensible en las mismas. Así, parece claro que para conseguir establecer unas condiciones de temperatura estable en la nave es necesario equilibrar el balance entre pérdidas y ganancias de calor. Existen una serie de factores, que pueden provocar ganancias o pérdidas de calor en el interior de una nave. Dichos factores afectan al mantenimiento de la temperatura del aire interior más o menos constante. Así, en primer lugar, los animales pierden calor sensible y lo transfieren a su entorno (el aire que los rodea y las superficies que estén en contacto con su piel) mediante los mecanismos fisiológicos

Tabla 2: Producción de calor sensible en conejos en función del tipo de animal (CIGR, 2002).

Tipo de animal	Peso medio (kg)	Calor sensible producido (kcal/animal y h)
Madres	3.5	8.58
Machos	4.0	9.85
Recría	2.5	6.77
Engorde	1.5	4.37

de la termorregulación (Q_{animales}). Esta pérdida de calor de los animales supone una ganancia de calor por el aire del interior de la granja. La cantidad de calor producido por los conejos se resume en la Tabla 2.

Uno de los factores que más importancia tiene en las pérdidas o ganancias de calor en el interior de la granja es la transmisión de calor a través de los cerramientos ($Q_{\text{cerramientos}}$). Se produce debido a la diferencia de temperaturas existente entre el aire del interior y el del exterior. Hay que señalar que la transmisión de calor a través de los cerramientos de la nave puede ocasionar una ganancia o una pérdida de calor sensible en la granja, dependiendo de cuáles sean la temperatura exterior e interior, ya que el flujo de calor siempre se produce del ambiente con mayor temperatura hacia aquel de temperatura más baja. Efectivamente, en condiciones de frío, cuando la temperatura exterior es menor que la interior, se produce una pérdida de calor en la nave, mientras que en condiciones de verano se suele producir una entrada de calor por los cerramientos lo que se traduce en una ganancia de calor por el aire interior. La transmisión de calor por los cerramientos depende de tres factores: la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del cerramiento, la superficie del cerramiento y el nivel de aislamiento de la nave (este punto se abordará con detalle en apartados posteriores).

Desde el punto de vista de la temperatura, la ventilación de una nave consiste en la introducción de aire exterior, que se encuentra a determinada temperatura, al interior de la nave, cuyo ambiente estará a distinta temperatura. Esto supone un intercambio de calor en la nave ($Q_{\text{ventilación}}$). Si el aire exterior está más frío que el interior, supondrá una pérdida de calor a la nave. Sin embargo, si la temperatura exterior es superior a la interior, al ventilar se estará introduciendo calor en la nave. La cantidad de calor transmitido mediante la ventilación dependerá también de la diferencia de temperaturas entre el aire que entra y sale de la nave, además de la cantidad de aire (m^3) que se intercambien.

Finalmente, los sistemas de calefacción suponen

siempre una ganancia de calor en la granja. Algo equivalente, en sentido contrario, ocurre con la refrigeración, cuyo funcionamiento siempre causa una pérdida de calor al aire interior. Otras fuentes de calor como son la iluminación, los motores de la nave, la radiación solar y los estiércoles, no se suelen considerar para los cálculos en la práctica dada su baja aportación al balance en comparación con las otras fuentes citadas anteriormente.

A modo de resumen, en la Figura 1 se presenta un esquema simplificado de los flujos de calor más significativos en una nave de conejos, sin considerar la presencia de sistemas de calefacción y/o refrigeración.



EL CALCULO DE LAS NECESIDADES DE VENTILACIÓN ES UN FACTOR CLAVE PARA EL CONTROL DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y CONTAMINANTES EN EL AMBIENTE.

3.2. CONTROL DE LA HUMEDAD

De forma similar al caso anterior, el cálculo de las necesidades de ventilación para controlar la humedad en el interior de las naves se fundamenta en los balances de vapor de agua en las mismas. Así, para conseguir establecer unas condiciones de humedad estable en la nave es necesario equilibrar el balance entre pérdidas y ganancias de agua. En este caso, el balance es más sencillo: las fuentes de humedad en la nave son los animales y su estiércol, mientras que la única vía de intercambio de humedad con el exterior de la nave se produce mediante la ventilación.

Leader-8


GOMEZ Y CRESPO

***Módulos de 8 Huecos.**

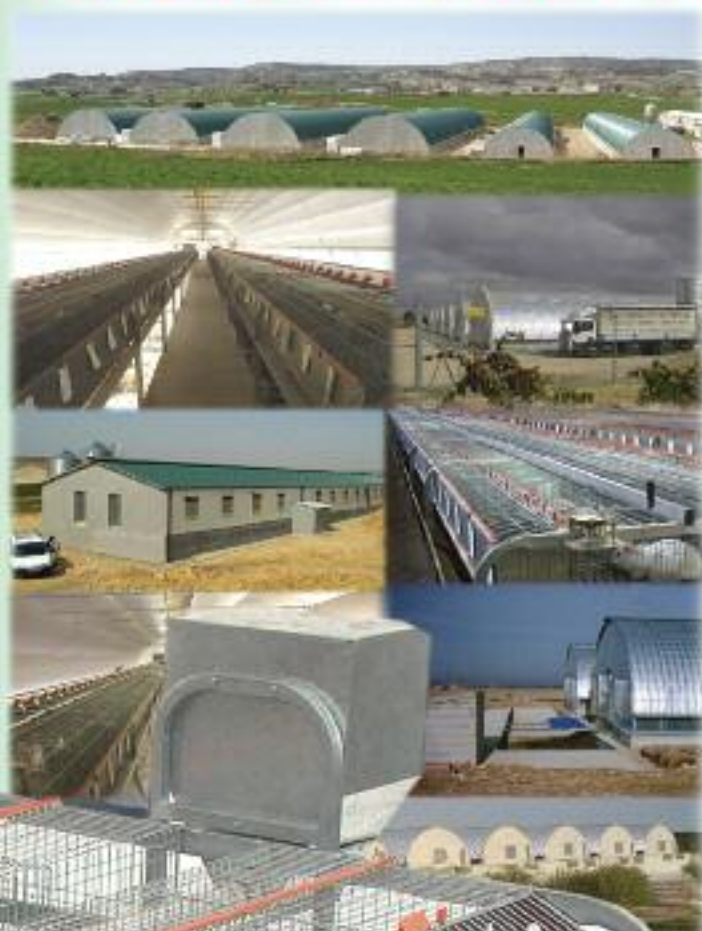
***Lateral Nido**
de Plástico o Chapa Galvanizada.

***Alimentación**
Manual, con Tolva o Automática Sin Fin.

***Control de la Lactancia**
Manual, Automático o
Doble Automático.

***Comedero Redondo**
especial Sin Fin Racionamiento (opcional
Gran Capacidad).

***Puertas articuladas.**



**Su inversión
en
Buenas Manos**

www.gomezycrespo.com

E-mail: info@gomezycrespo.com

Teléfono: 988217754

Fax: 988215063

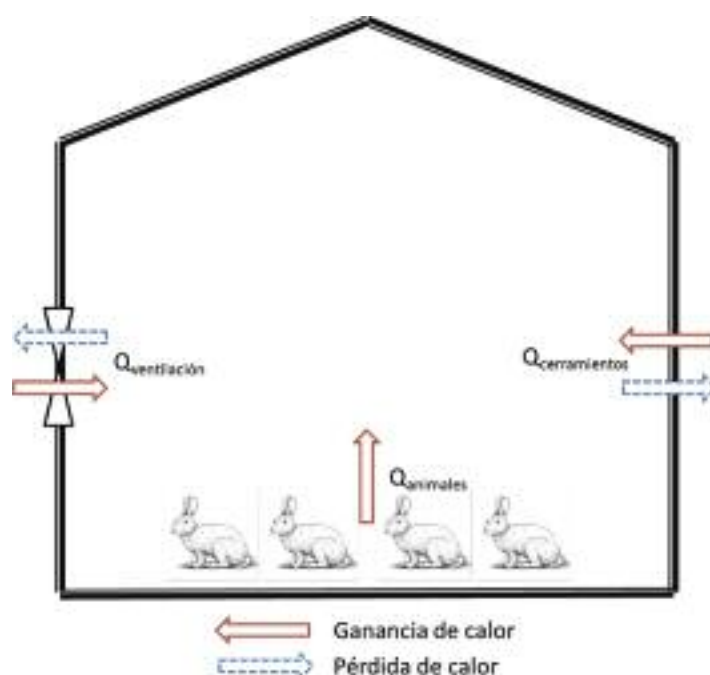


Figura 1: Esquema de un balance de calor simplificado en una nave de conejos (Elaboración propia).

Así, las necesidades de ventilación se determinarán en función de la cantidad de agua evaporada por los animales y el estiércol almacenado en la nave. La producción de vapor de agua por parte de los conejos depende fundamentalmente del peso de los animales, mientras que la producción de vapor de agua del estiércol podría establecerse en un 10% sobre la producción de humedad de los animales. Así, la Tabla 3 recoge la producción de vapor de agua por parte de los animales y su estiércol.

3.3. ELIMINACIÓN DE AMONIACO Y DIÓXIDO DE CARBONO

Tal y como se ha descrito anteriormente, es necesario eliminar el exceso de gases nocivos en la nave para evitar la ocurrencia de condiciones desfavorables para la producción. De igual forma que en el caso anterior, la producción de estos gases procederá de los animales y su estiércol y deberán ser eliminados a través de una correcta ventilación. Es crucial pues conocer la producción de estos gases en las granjas, datos muy estudiados en otras especies pero escasos en la cunicultura. La Tabla 4 recoge dicha información obtenida en explotaciones españolas durante dos años de mediciones.

3.4. VENTILACIONES RECOMENDADAS. EJEMPLO PRÁCTICO

Como se ha visto al principio de este epígrafe, el cálculo de las necesidades de ventilación es complejo y existen diversos criterios para determinar las nece-

sidades. A modo de ejemplo, se han determinado las necesidades medias de ventilación mensuales para naves de cebo y de madres, tomando como referencia los datos climatológicos medios anuales de Castellón de la Plana, según datos de AEMET (www.aemet.es), y los condicionantes anteriormente expuestos. La Figura 2 representa estos datos.

De acuerdo a las gráficas presentadas, las necesidades de ventilación varían entre 1 y 13 m³/animal y h para animales de cebo y entre 3 y 25 m³/animal y h para conejas reproductoras. Las necesidades máximas teóricas de ventilación se producen a finales de la primavera y del otoño, mientras que las necesidades mínimas se establecen para los meses de verano. Es importante recordar que en este supuesto no se ha considerado el uso de sistemas de refrigeración, por lo tanto, en verano, cuando la temperatura en el exterior es superior a la deseada en el interior, la recomendación es ventilar mínimamente, puesto que al hacerlo estamos contribuyendo a subir la temperatura en la nave. Lo mismo sucede con la humedad, dado que en los meses de verano la humedad absoluta (considerando la humedad relativa y la temperatura) es mayor en el exterior que la deseada en el interior de la nave, lo recomendable sería ventilar mínimamente. A pesar de estos resultados teóricos, es sabido que las necesidades de ventilación son, generalmente, máximas en periodos de verano. Esto se debe a que la corriente de aire a la altura de los animales, aunque no elimine calor de la nave, permite a los animales termorregularse más eficientemente, siendo así un factor que mejora las condiciones de los animales.

En cualquier caso, durante estos meses el criterio a seguir para determinar la ventilación debería ser el control de la concentración de gases como el amoníaco y el dióxido de carbono. En este sentido, la concentración de amoníaco resulta más limitante, estableciendo las necesidades de ventilación mínimas en verano.

4. SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Aunque existen muchas variantes, pueden distinguirse dos sistemas bien diferenciados para conseguir el intercambio de aire necesario en las explotaciones cunicolas: la ventilación natural y la ventilación forzada. Cada uno de estos sistemas presenta una serie de ventajas y limitaciones que son necesarias conocer. En este apartado se analizan los movimientos de flujo de cada sistema, estableciéndose algunas orientaciones prácticas.

4.1. VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural tiene la gran ventaja de no requerir consumo eléctrico, siendo por tanto de coste menor que la ventilación forzada. Sin embargo, es más difícil controlar la ventilación, y el uso de paneles refrigerantes es inviable en la práctica. La opción más habitual consiste en ventanas laterales y un caballete central en cumbrera (Figura 3).

Las ventanas laterales pueden situarse en la parte superior o inferior del alojamiento, mientras que el ancho de la nave no debe ser excesivo para que haya una buena distribución de aire. La Figura 4 muestra la distribución de los flujos de aire en el interior de una explotación de este tipo, tanto en condiciones de calma como con viento lateral. Estos resultados se han obtenido mediante algoritmos de dinámica



HAY DOS SISTEMAS PARA EL INTERCAMBIO DE AIRE: LA VENTILACIÓN NATURAL Y LA FORZADA. CADA UNO PRESENTA VENTAJAS Y LIMITACIONES QUE SON NECESARIAS CONOCER

de fluidos computacional (CFD) usando el programa informático Ansys Fluent. Las imágenes mostradas en los siguientes párrafos muestran las líneas de corriente de aire, indicando en colores azules las zonas de menor velocidad y en rojo las de mayor velocidad. Como se observa en esta figura, en este tipo de alojamientos el flujo de aire es más intenso en la parte superior de la nave, produciéndose dos remolinos de menor velocidad en la parte inferior. La configuración de las corrientes varía sensiblemente en caso de viento lateral.

Una posible variación de este sistema hace referencia a la distinta ubicación de las ventanas. Así, en la Figura 5 se muestran las líneas de flujo correspondientes a la misma granja con las ventanas en la parte inferior. En este caso, la distribución del flujo cambia y se consigue mayor velocidad a la altura de los animales.

4.2. VENTILACIÓN FORZADA

La ventilación mecánica requiere energía para realizar el intercambio de aire en la explotación, a pe-

Tabla 3: Producción de humedad en conejos (considerando un incremento del 10% procedente del estiércol) en función del tipo de animal (CIGR, 2002).

Tipo de animal	Peso medio (kg)	Vapor de agua producido (g H ₂ O/animal y h)
Madres	3.5	8.6
Machos	4.0	9.9
Recría	2.5	6.8
Engorde	1.5	4.4

Tabla 4: Producción de CO₂ y NH₃ en granjas de conejos en función del tipo de explotación (Calvet *et al.*, 2011).

Tipo de nave	Emisiones de CO ₂ (g/animal y hora)	Emisiones de NH ₃ (mg/animal y hora)
Madres	11.0	55.9
Engorde	4.2	10.1

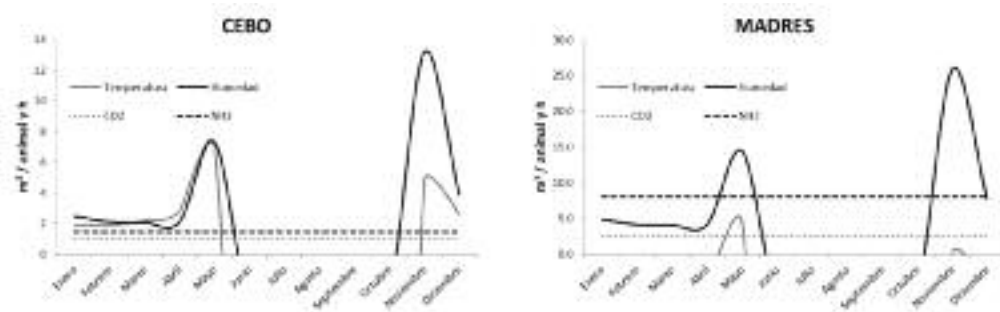


Figura 2: Necesidades de ventilación medias mensuales en naves de cebo y madres calculadas siguiendo diferentes criterios. Se toman como base las condiciones climatológicas normales de Castellón de la Plana (Elaboración propia).

sar de este coste energético, es capaz de conseguir un mayor control sobre los parámetros ambientales, especialmente en las condiciones más desfavorables. Si bien la disposición en granjas es muy variada, los principales tipos son los indicados en la Figura 6

a) Análisis de la ventilación transversal

La ventilación transversal se caracteriza por un barrido de aire lateral, en el cual las máximas velocidades se dan en las entradas y salidas (Figura 7). La altura de las ventanas es fundamental en la distribución del flujo en la sala: si las ventanas están en la parte superior de la pared habrá menor velocidad de aire a la altura de los animales, estando además irregularmente distribuida. Por el contrario, si las ventanas se localizan a la altura del animal, se consigue una mayor velocidad de aire a la altura de estos, con distribución más regular, consiguiéndose un mejor arrastre de los gases producidos en el interior. En cualquier caso, los animales más cercanos a las ventanas de entrada de aire estarán expuestos a mayores velocidades de aire.

b) Análisis de la ventilación tipo túnel

La ventilación tipo túnel pretende realizar un barrido de aire en el sentido longitudinal de la nave. Si las ventanas de entrada de aire se sitúan en uno

“
**LA VENTILACIÓN
MECÁNICA ES CAPAZ DE
CONSEGUIR UN MAYOR
CONTROL SOBRE LOS
PARÁMETROS
AMBIENTALES EN
CONDICIONES MÁS
DESFAVORABLES**

de los laterales es difícil conseguir que el flujo de aire llegue al lado contrario (Figura 8). Así pues, la distribución de velocidades a la altura de los animales será bastante irregular según su posición en la granja. Este tipo de ventilación alcanza su máximo potencial si las ventanas se sitúan en la parte opuesta al ventilador. Con esta disposición se consigue una mayor velocidad media de aire para un mismo caudal de ventilación.

c) Análisis de la ventilación por chimenea

En la ventilación forzada por chimenea suele conseguirse una mejor distribución de la velocidad de aire en la nave, si bien depende del grado de abertura de las ventanas, la posición de las trampillas

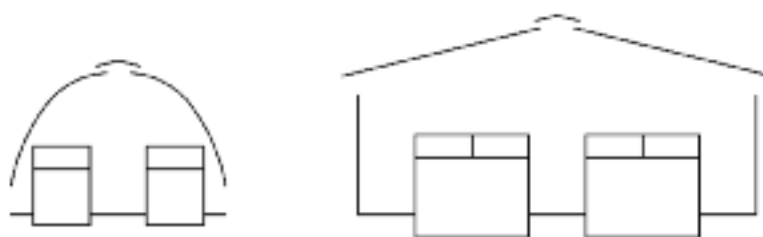


Figura 3: Alojamientos con ventilación natural

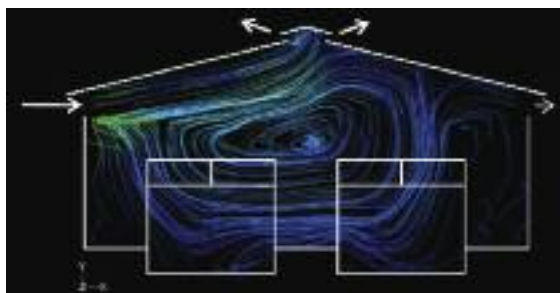
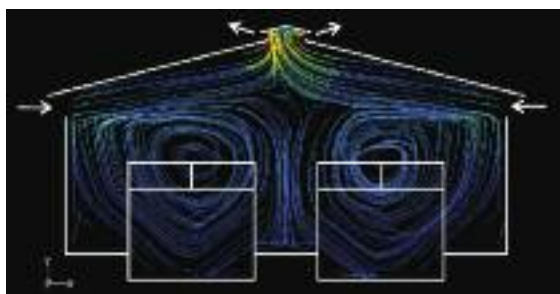


Figura 4: Flujos de ventilación en alojamientos con ventilación natural: en situación de calma (arriba) y con viento lateral (abajo).

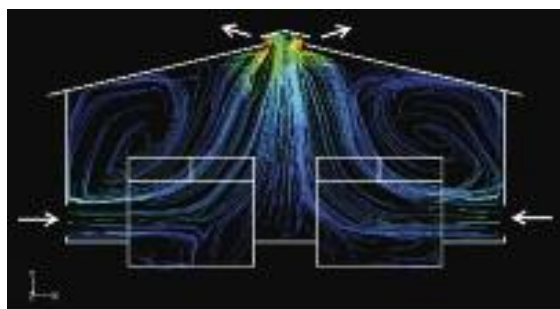


Figura 5: Flujos de ventilación en alojamientos con ventilación natural y ventanas en la parte inferior, en situación de calma.

de entrada y el caudal de ventilación. En la Figura 9 se muestra los flujos de aire esperables en este tipo de granja, observándose que se produce un pequeño remolino de aire a la entrada y una distribución uniforme a la altura de los animales.

5. AISLAMIENTO EN LAS NAVES

5.1. FUNDAMENTOS

A través de los diferentes cerramientos que conforman una nave existe un flujo de calor, que puede ser positivo (ganancia) o negativo (pérdida) en función de las temperaturas existentes en el interior y exterior de dicha nave, entre otros factores que se describirán a continuación. Si consideramos el cerramiento como una superficie plana, el calor sensible ganado o perdido por transmisión a través del mismo es función de la superficie del mismo (a mayor tamaño, mayor transmisión de calor), de la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior y, finalmente, a la capacidad para transmitir el calor de ese cerramiento.

Esta capacidad para transmitir calor se expresa a través del coeficiente global de transmisión de calor (U), que es una característica propia del cerramiento y depende del material de cada una de las capas que lo componen y del espesor de dichas capas. Esta relación se presenta esquemáticamente en la Figura 10.

De este modo, cuanto mayor sea el número de capas del cerramiento, el espesor o grosor de los mismos y menor sea su capacidad de transmitir calor (mayor aislamiento), menor será la capacidad de transmitir calor del cerramiento, lo que implica menores pérdidas de

MAQUINARIA PARA MATADEROS DE CONEJOS

- Aturdidores
- Cortadora de manos
- Cortadora de pies
- Extractoras de piel
- Repeladoras de patas
- Descolgadoras de patas
- Cepillos limpiadores
- Colgadores
- Curvas
- Cadenas
- Piñones cadena
- Grupos motrices



NOVA MEVIR, S.L.
 Portugal, 3 - Polígono Industrial - Les Comes
 08700 IGUALADA (Barcelona)
 Tel.: 938 030 649 - Fax: 938 050 461
 mevirsa@mevirsa.com
 www.mevirsa.com

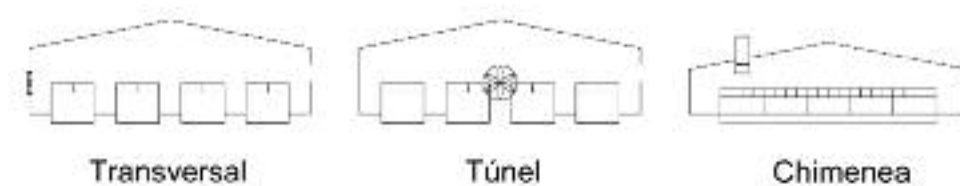


Figura 6: Alojamientos con ventilación forzada

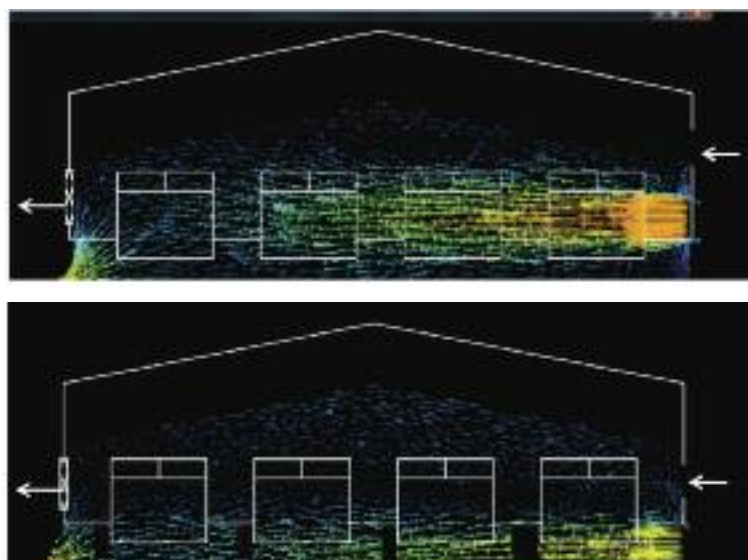


Figura 7: Flujos de ventilación en alojamientos con ventilación forzada transversal: ventanas de entrada de aire en la parte superior (arriba) y en la parte inferior (abajo)

calor en invierno y menores entradas de calor en verano.

5.2. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

Un correcto aislamiento de las naves tiene un efecto directo sobre el coste de climatización. Pese a que supone un coste de instalación importante, los costes de refrigeración y/o calefacción pueden reducirse a menos de la mitad dependiendo de las condiciones. En este sentido es muy importante tomar las medidas adecuadas en cada caso. Por ejemplo, generalmente se transmite más calor a través de las cubiertas del edificio que a través de las paredes, por lo que resulta en una mejor relación coste/beneficio aislar las cubiertas de las naves. Esto se agudiza cuando las cubiertas están construidas en materiales poco aislantes como son las chapas metálicas.

En la Figura 11 se muestran imágenes de diferentes aislamientos, obtenidas con cámara termográfica (Testo® 880). Las imágenes obtenidas representan en tonos más rojizos las temperaturas más altas, mientras que las temperaturas bajas se muestran en tonos azulados. Puede observarse

“

UN CORRECTO AISLAMIENTO DE LAS NAVES TIENE UN EFECTO DIRECTO SOBRE EL COSTE DE CLIMATIZACIÓN; LOS COSTES DE REFRIGERACIÓN Y/O CALEFACCIÓN PUEDEN REDUCIRSE A LA MITAD.

que en el caso de las cubiertas de chapa ondulada el aislamiento es deficiente; el poliuretano proyectado sobre chapa ondulada tiene una mayor capacidad aislante, aunque debido a su irregular distribución no es el aislamiento ideal porque ocasiona una transmisión del calor más irregular. Por el contrario, el panel sándwich tiene unas mejores características aislantes, siendo las juntas entre paneles los puntos de menor aislamiento.

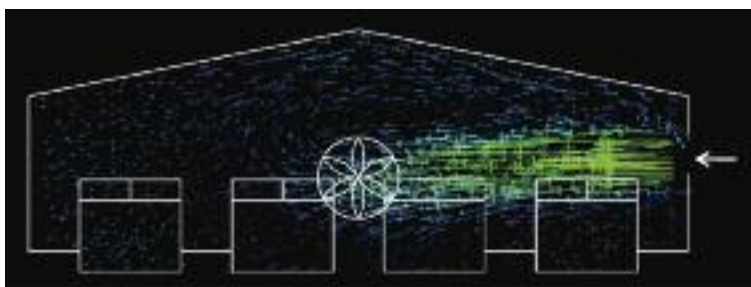


Figura 8: Flujos de ventilación en alojamientos con ventilación forzada tipo túnel a mitad de la nave

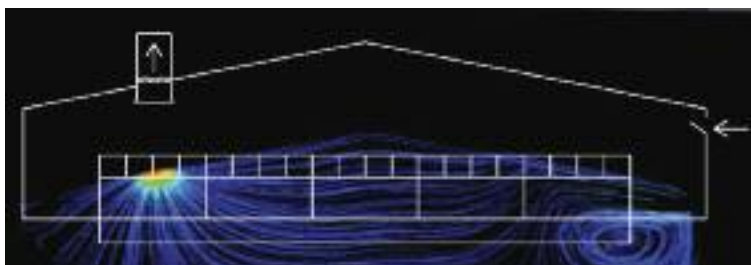


Figura 9: Flujos de ventilación en un alojamiento con ventilación por chimenea

A modo de ejemplo, en la Figura 12 se muestra el ahorro que se puede llegar a producir en refrigeración al instalar diferentes aislantes en la nave, en las paredes y en las cubiertas. Se consideran unas condiciones iniciales (sin aislante) en las que las paredes de la nave son de hormigón y la cubierta de fibrocemento. La temperatura exterior es de 30°C y la interior de 20°C.

Se puede observar en la figura como se puede llegar a ahorrar hasta la mitad del coste de refrigeración con un buen aislamiento. También se aprecia como es mucho más efectivo aislar la cubierta del edificio que aislar las paredes.

6. REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN

Dada la alta tolerancia de los conejos a las temperaturas moderadamente bajas, y las condiciones climatológicas habituales presentes en la Comunidad Valenciana, el uso de sistemas de calefacción durante los meses fríos es escaso. Por el contrario, los sistemas de refrigeración se encuentran muy extendidos, y requieren un estudio más profundo para su correcto funcionamiento. Por ello, en este apartado únicamente se describirán con detalle los fundamentos de la refrigeración en granjas y las limitaciones de los mismos.

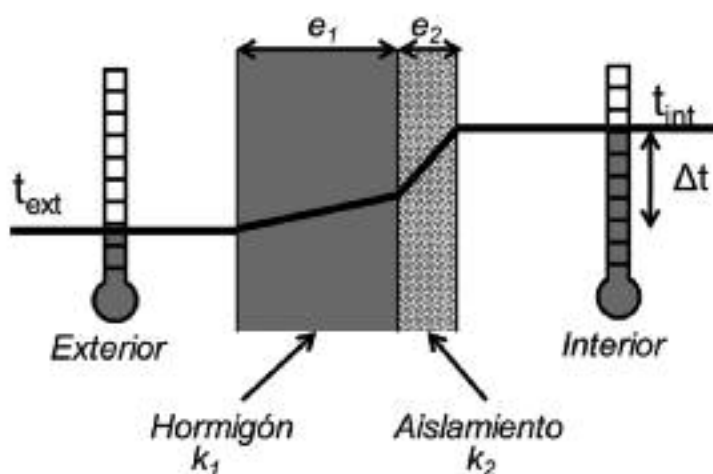


Figura 10: Esquema de la evolución de la temperatura a través de los cerramientos con una capa de hormigón de espesor e_1 y conductividad térmica k_1 y una capa de aislante de espesor e_2 y conductividad térmica k_2 .

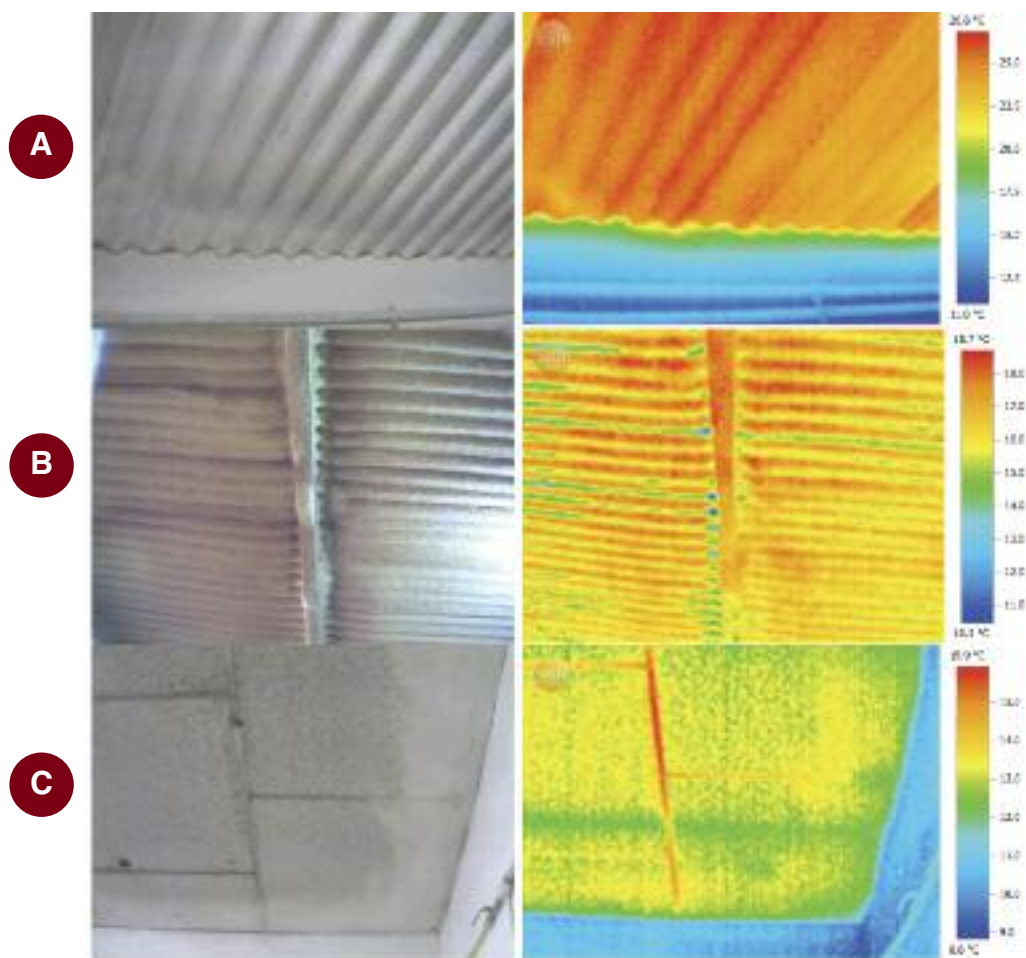


Figura 11: Tipos de aislamientos en granjas de conejos (izquierda) e imágenes termográficas correspondientes (derecha). Los tonos azules representan mejor aislamiento, mientras que los tonos rojos indican peor aislamiento. A. Chapa ondulada sin aislamiento; B. Chapa con poliuretano proyectado; C. Panel Sandwich. Fuente: elaboración propia con equipamiento perteneciente al Departamento de Producción Animal de la Universitat de Lleida."

6.1. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Se entiende por refrigeración la introducción de aire exterior que ha sido sometido previamente a un proceso de enfriamiento. El objetivo de la refrigeración es extraer el exceso de calor del interior de la nave para evitar que la temperatura aumente por encima de la temperatura óptima para los animales, cuando el balance de calor sensible en el local es positivo (ganancia) y la temperatura exterior es mayor que la temperatura deseable en el interior, con lo que introducir aire directamente del exterior sin disminuir previamente su temperatura no es suficiente para refrigerar la nave.

En veranos muy calurosos (por ejemplo, con $T > 35^{\circ}\text{C}$) es muy difícil eliminar el exceso de calor de las naves. Las altas temperaturas provocan un gran descenso del consumo de pienso y un deterioro de los rendimientos productivos por las alteraciones fisiológicas e imposibilidad de poner en

funcionamiento de los mecanismos de defensa frente al calor. La situación es mucho más grave si la humedad ambiental es muy alta (70-80%), lo cual ocurre por ejemplo en muchas zonas del área mediterránea.

En verano, el caudal de ventilación se calcula habitualmente para controlar la temperatura, pero cuando la temperatura exterior es superior a la deseable en el interior, la ventilación aporta calor, por lo que previamente a la introducción de aire en la nave, hay que someterlo a un proceso de enfriamiento.

Los sistemas de refrigeración utilizados en las granjas no son sistemas de aire acondicionado, como los utilizados habitualmente para el confort humano por ser éstos demasiado caros, sino que utilizan otra técnica de enfriamiento del aire, la refrigeración evaporativa, más barata, pero con ciertas limitaciones para ese enfriamiento.

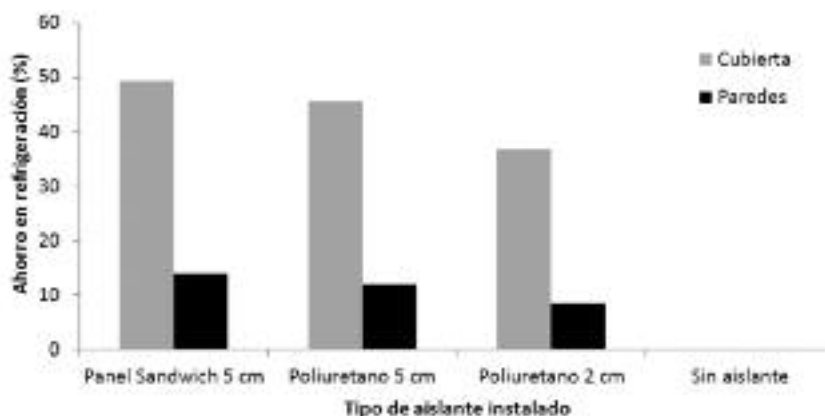


Figura 12: Ahorro esperado en refrigeración en una nave de conejos de cebo al instalar diferentes aislantes en paredes y cubierta.

El fundamento físico de la refrigeración evaporativa, se puede resumir así: cuando se hace pasar una corriente de aire húmedo en unas condiciones de temperatura y humedad por una zona, en la que se está pulverizando agua, el aire de entrada cede calor sensible al agua (el aire se enfría y las gotitas de agua se evaporan) y recibe calor latente del agua (aumenta su humedad por incorporación del vapor de agua a la corriente de aire). De este modo, la corriente de aire húmedo de salida tiene unas condiciones diferentes de temperatura y humedad (está más frío pero más húmedo).

La capacidad de enfriamiento depende de la humedad relativa de la zona. Cuanto menor es la humedad relativa del aire de entrada, mayor capacidad de evaporación del agua, y mayor capacidad de enfriamiento. El principal inconveniente de estos sistemas es que provocan un aumento de la humedad relativa interior que puede ser perjudicial para los animales.

6.2. LIMITACIONES

Tal y como se ha descrito anteriormente, las principales restricciones de esta técnica es la elevada humedad del aire a enfriar. Dado que la técnica está basada en el incremento de la humedad del aire, si el aire está muy húmedo ($HR > 70\%$), no puede admitir más vapor de agua y el proceso de enfriamiento no es efectivo.

Este caso es habitual en zonas costeras, en las que a pesar de que la temperatura no alcanza valores extremos ($>35^{\circ}\text{C}$) habitualmente, la humedad relativa se mantiene alta ($>60\%$) durante los periodos calurosos. En estas condiciones los sistemas de refrigeración no son capaces de reducir la temperatura del aire de entrada a la nave más allá de 2 o 3 $^{\circ}\text{C}$. Una representación gráfica de este caso se resume en la Figura 13. En dicha figura se observa, para dos localizaciones de la Comunitat Valen-

Corporación Alimentaria Guissona, S.A.
 Traspalau, 8
 25210 Guissona (Lleida)
 Tel. 973 550 000
 Fax 973 550 882

Menos coste y mejor conversión

Calidad alimentaria

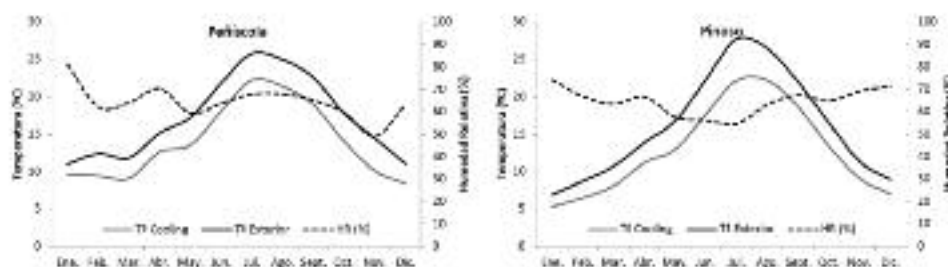


Figura 13: Ahorro esperado en refrigeración en una nave de conejos de cebo al instalar diferentes aislantes en paredes y cubierta.

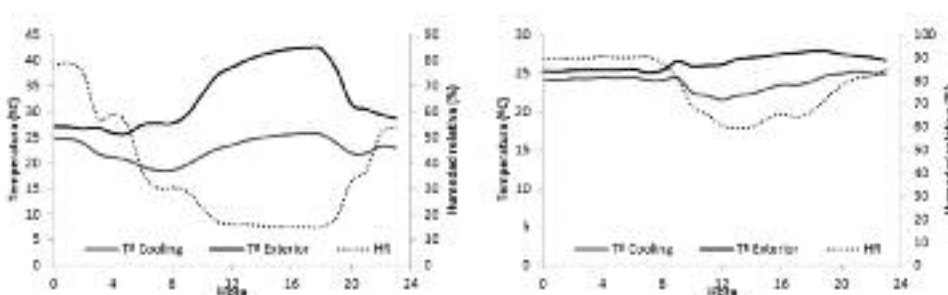


Figura 14: Temperatura del aire después de atravesar un cooling en dos días caluroso, uno seco (izquierda) y otro húmedo (derecha).

ciana, una húmeda (Peñíscola) y otra más seca (Pinoso), la capacidad de enfriamiento de un sistema cooling en función de las temperaturas y humedades relativas medias mensuales registradas en el año 2010.

Este efecto se aprecia en mayor medida si se compara la eficiencia del sistema en días calurosos secos y húmedos. A modo de ejemplo, la Figura 14 muestra la eficiencia del cooling en dos días del mes de agosto de 2010 en la localidad de Valencia, un día seco de poniente con temperaturas extremas ($>40^{\circ}\text{C}$) y un día con temperaturas más bajas pero muy húmedo.

Se aprecia claramente como en el día más seco, la eficiencia del cooling es altísima, llegando a reducir la temperatura del aire hasta 15°C , mientras que en el día húmedo, la temperatura del aire a la salida del cooling es apenas 5°C más baja que en el exterior.

Así pues, es importante muy importante tener en cuenta las condiciones climatológicas antes de instalar y poner en funcionamiento un sistema de refrigeración basado en la evaporación de agua, puesto que en muchas situaciones puede resultar altamente ineficaz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calvet, S., Cambra-Lopez, M., Estelles, F., y Torres, A. G. (2011). Characterisation of the indoor environment and gas emissions in rabbit farms. *World Rabbit Science* 19(1), 49-61.
- Cambra-López, M., Úbeda-Sánchez, Y., and Torres, A. G. (2008). Characterization of airborne particulate matter from intensive rabbit farms. Crete, Greece, AgEng 2008.
- Cervera, C. y Fernández Carmona, J. (1998). Climatic environment. Edición: de Blas, C y Wiseman, J. En: *The nutrition of the rabbit*. Capítulo 15, Pag. 273-295.
- CIGR. (1992). Climatization of animal houses. Second Report of the Working Group on Climatization of Animal Houses, Centre for Climatization of Animal Houses., pp. 1-147. Ghent, Belgium.
- CIGR. (2002). Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels. Pedersen, S. y Sælvik, K. Danish Institute of Agricultural Sciences, pp. 1-46. Horsens, Denmark.
- Ferré, J. S. (1996). Alojamientos en cunicultura. Edición: Buxadé, C. En: *Producciones cunícola y avícolas alternativas*. 2Capítulo 5, Pag. 79-99. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. Zootecnia. Bases de la Producción Animal. Buxadé, C.
- Ferré, J. S. y Rosell, J. M. (2000). Alojamiento y Patología. Edición: Rosell, J. M. En: *Enfermedades deo conejo*. Tomo I: Generalidades. 1Capítulo 3, Pag. 167-211. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.
- Frangiadaki, E., Golidi, E., Menegatos, E., y LUZI, F. (2003). Comparison of does' performances under high and moderate temperature in a greek commercial farm. *World Rabbit Science* 11, 137-143.
- Sahuquillo, J., Villagrà, A., Blanes, V., Torres, C., and Torres, A. G. (2004). Effects of ammonia concentration on reproductive performance in rabbits. *AgEng Book of Abstracts*, 698-699. Leuven.
- Villagrà, A., Blanes, V., y Torres, A. (2004). Fisiología ambiental y bioclimatología del conejo. *Boletín de Cunicultura* 132(2), 6-16.
- Wathes, C. M. y Charles, D. R. (1994). *Livestock Housing*. 1, CAB International., Wallingford, pp. 1-428.