



## Ganado porcino. Diseño de alojamientos e instalaciones



Dirigido a veterinarios, estudiantes, profesores y profesionales del sector.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**Autores:** Fernando Forcada,  
Daniel Babot, Albert Vidal,  
Carlos Buxadé et al.

**Formato:** 17 x 24 cm.

**Número de páginas:** 440.

**Número de imágenes:** 150.

**Encuadernado:** tapa dura.

**ISBN:** 978-84-92569-07-6

**Editorial:** Servet.

**PVP:** 75 €

La editorial Servet presenta esta completa obra sobre alojamiento, producción y bienestar del ganado porcino elaborada por diferentes autores, tanto veterinarios como ingenieros agrónomos. El libro recoge en parte los contenidos impartidos en el módulo de alojamientos, instalaciones y equipamiento para ganado porcino del Máster en Sanidad y Producción Porcina de la Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad de Lleida y Universidad de Zaragoza.

A lo largo de 11 capítulos, se recogen aspectos legales, ambientales, nutricionales y productivos referentes a las instalaciones del ganado porcino, todo desde el punto de vista del bienestar animal y sin dejar de lado el enfoque económico y de rentabilidad de las explotaciones.

# Ganado porcino. Diseño de alojamientos e instalaciones

## ÍNDICE DE CONTENIDO

- 1. Normativa existente a la que se deben acoger las explotaciones porcinas**  
Carlos Buxadé
- 2. Necesidades funcionales**  
Daniel Babot, Marta Revuelta
- 3. Dimensionamiento de alojamientos**  
Daniel Babot, Marta Revuelta, Albert Vidal
- 4. La ventilación en los alojamientos porcinos**  
Lluís Puigdomènech, Marta Revuelta, Daniel Babot
- 5. Diseño y evaluación de la calefacción y de la refrigeración**  
Victoria Blanes-Vidal, Antonio G. Torres
- 6. El control práctico del sistema de climatización**  
Joan Escobet, Miquel Colléll, Enric Marco
- 7. Alojamientos para cerdas vacías y gestantes**  
Fernando Forcada
- 8. Alojamientos para cerdas lactantes**  
Fernando Forcada, Ignasi Viladomiu
- 9. Alojamientos para las fases de posdestete y cebo**  
Fernando Forcada, Joan Wennberg
- 10. Dimensionamiento de alojamientos:  
utilización de modelos matemáticos y de simulación**  
Lluís M. Plà, Daniel Babot
- 11. Implicaciones económicas en la adaptación a la normativa de bienestar animal**  
Daniel Babot, Joan Del Sol, Pablo Escartín, Marta Borrás

## Introducción

El diseño de la explotación porcina debe hacerse teniendo en cuenta las necesidades de la especie, que nos permitirán cuantificar, dimensionar y diseñar los diferentes tipos de alojamientos, instalaciones y equipos. Debe tenerse presente que, en situación de confinamiento de los animales, debe ser el hombre quien se comprometa a aportar las condiciones ambientales que garanticen el bienestar y el rendimiento. Así, será muy importante considerar las necesidades en ambiente climático y el confort ambiental en el que deben vivir los animales. Es bien conocido que los cerdos requieren unas condiciones climáticas (temperatura, humedad, aire circundante, iluminación, etc.) mínimas para disponer de un grado suficiente de bienestar, tanto en condiciones de confinamiento como en estado de libertad, bienestar que además va a condicionar el rendimiento productivo de los animales.

## Emplazamiento y orientación de edificios

Previamente a la construcción de la explotación es necesaria la elección de su emplazamiento, para lo que es fundamental conocer la normativa legal que condiciona su ubicación. La elección de la ubicación de la explotación está sometida a una serie de condicionantes de orden normativo, de infraestructuras, de eliminación de residuos, etc. Las granjas se construyen sobre zonas de fácil acceso, bien drenadas, con suficiente ventilación, sin humedades ni temperaturas excesivas, abrigadas de los vientos dominantes y alejadas de los núcleos de población o zonas industriales. Además, será necesario prever el abastecimiento de agua y energía eléctrica, así como disponer de un buen desagüe.

La orientación de las naves más recomendable es con el eje longitudinal del edificio orientado de este a oeste, con una fachada principal al sur y la otra al norte, perpendicular a los vientos dominantes del norte y del sur. Se consigue así una buena ventilación natural de la nave, evitando la aparición de turbulencias (fig. 1). Es una orientación adecuada para climas cálidos que facilita la ventilación natural al estar siempre una fachada más fría que la otra; además, la superficie expuesta al oeste es la menor posible, de forma que no se producen grandes insolaciones en verano. Finalmente, el sol de invierno, que

sube poco en el cenit, penetrará por las ventanas de la fachada orientada al sur, mientras que en verano el alero de la nave actuará de parasol y protegerá los animales de la insolación directa.

En zonas con climas templados y nubosidad elevada, el eje longitudinal puede ser orientado indistintamente en cualquier dirección. En zonas de vientos fuertes, el eje mayor del edificio seguirá la dirección de los vientos dominantes aunque se sacrifique la mejor orientación respecto al sol. Esto es importante sobre todo para un buen funcionamiento del sistema de ventilación en los alojamientos de ambiente controlado. Finalmente, en el caso de zonas extremadamente frías y a no ser que los vientos dominantes aconsejen otra orientación, la disposición longitudinal de la nave sería diferente en 90°, es decir, norte-sur.

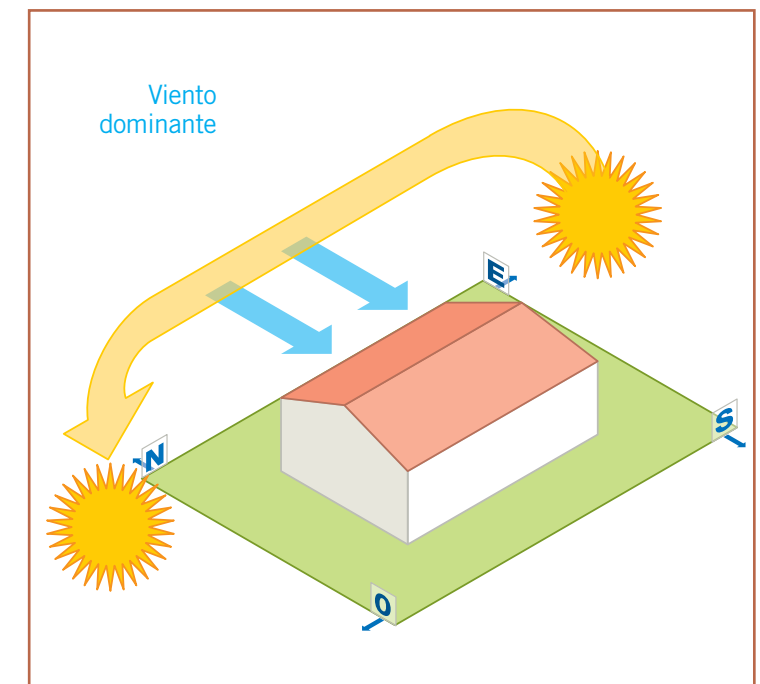


Figura 1.  
Orientación de la nave  
en zonas con vientos  
dominantes del norte.

Para facilitar la ventilación natural puede ser interesante utilizar barreras cortavientos naturales, que reducen la presión sobre las aberturas y las pérdidas de calor por ventilación, al estar las estructuras menos expuestas a los vientos, además de sombrear los alojamientos en verano. Por este motivo, a menudo es recomendable dis-

## Requerimientos ambientales de las cerdas gestantes

Los requerimientos ambientales para cerdas vacías y gestantes se reflejan en la tabla 2, donde se puede apreciar que estos animales se adaptan relativamente bien a un amplio rango de temperaturas. En conjunto, y debido a su menor tasa metabólica en relación a las cerdas en lactación, presentan menos problemas que éstas con el calor, de manera que la Temperatura Crítica Evaporativa (TCE) se sitúa próxima a 30 °C y la Temperatura Crítica Superior (TCS), aquella por encima de la cual el animal debe aumentar su tasa metabólica, está en torno a los 35 °C. Especial cuidado hay que tener con las temperaturas bajas, pues a pesar de que estos animales pueden soportar bastante bien el frío, cuando descendemos por debajo de la Temperatura Crítica Inferior (TCI), 12-14 °C, el animal debe producir más calor para compensar las pérdidas, y lo que hace habitualmente es consumir más alimento.

Tabla 2. Temperaturas (°C) recomendadas para cerdas vacías y gestantes (sin corrientes de aire y con alimentación adecuada). Fuente: varios autores.

	TCI	TCE	TCS
Cerdas gestantes (individual)	14	27	36
Cerdas gestantes (grupo)	12	26	35
Cerda lactante	10	24	33

El problema en esta fase productiva es que las hembras reciben una alimentación racionada, por lo que en situaciones de frío no pueden aumentar el consumo de pienso, con lo que deben movilizar reservas comprometiendo sus rendimientos en el subsiguiente parto y lactación y en la nueva inseminación tras el destete. Por tanto, conviene tener cuidado en zonas de invierno crudo con las temperaturas en el interior de la nave de gestación, donde generalmente la ventilación es estática, ya que ésta funciona muy bien cuando las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior aumentan. Si detectamos una temperatura interior por debajo de los 10-12 °C prolongada en el tiempo, podremos tener problemas en los rendimientos de las cerdas a corto-medio plazo, por lo que habrá que realizar las reformas necesarias para evitar las pérdidas de calor en el alojamiento, ya sea aumentando el grado de aislamiento de la cubierta o reduciendo la renovación de aire cuando la temperatura exterior sea especialmente baja.

## Alojamiento de cerdas gestantes en plaza fija

El alojamiento de cerdas en plaza fija se refiere en concreto al uso de jaulas (fig. 1). Hasta ahora, y una vez desaparecido el sistema de cerdas atadas, ha sido de largo el sistema más utilizado en nuestro país en los alojamientos para cerdas vacías y gestantes, con lo que es ampliamente conocido y aceptado por nuestros ganaderos de porcino. Hay que tener claro que, a pesar de la nueva normativa comunitaria para el alojamiento de cerdas en grupo, es un sistema que no va a desaparecer, al menos a medio plazo, pues es el de adopción para cerdas destetadas hasta la confirmación de gestación.



Figura 1.  
Aspecto general de una nave de gestación con alojamiento de cerdas en plaza fija.  
Fuente: el autor.



**Medición de temperatura ambiente y confort**

Hay que diferenciar entre temperatura ambiente de la sala y temperatura efectiva (o sensación térmica) en los animales. Debemos medir la temperatura ambiente mediante sondas sensibles. Para realizar las mediciones deberemos esperar un tiempo (10-15 minutos) hasta que se estabilice la sonda y se visualice un valor constante. Efectuaremos varias mediciones en la misma sala para comprobar la variación de temperatura. Un resultado aceptable sería no tener variaciones de más de 2 °C en la sala.

**Medición de la sensibilidad de la sonda de temperatura ambiente**

El objetivo es comprobar el error de la sonda que manda la información al regulador. Realizaremos las mediciones cerca de la sonda de temperatura mediante un **termómetro sensible con sonda externa**. Necesitamos un tiempo, 10 minutos aproximadamente (depende del tipo de instrumento), para que se estabilice la sonda y podamos hacer una lectura correcta. La lectura de la sonda la debemos comparar con la del regulador. Medimos la desviación entre la temperatura de la sonda, que nos la indicará el regulador, y la temperatura real para calibrarla y así evitar sub- o sobreventilaciones en la sala que afecten a los lechones. El límite tolerable de desviación de la sonda debería ser inferior a 1 °C. Unas diferencias superiores influyen en la regulación provocando una sobreventilación o sobrecalentamiento. Esta tarea de diagnóstico y ajuste de las sondas debería realizarse en cada inicio de lote (mínimo tres veces al año).

**Medición de la variación de temperatura ambiente en sala**

La medición de la variación de temperatura en sala durante un periodo de tiempo determinado nos da mucha información de lo que realmente está pasando en ella, sobre todo cuando no estamos presentes. La medición se puede realizar mediante un simple termómetro de máximas y mínimas, pero si queremos una información más correcta utilizaremos un termómetro o “datta logger” que registre temperaturas con la periodicidad que necesitemos y guarde los datos para poder descargarlos en un ordenador y así analizarlos. Por un lado podemos analizar la variación de temperatura diaria o amplitud térmica y por otro variaciones cíclicas de temperatura horaria en la sala. También tendremos oscilaciones de humedad al mismo tiempo.

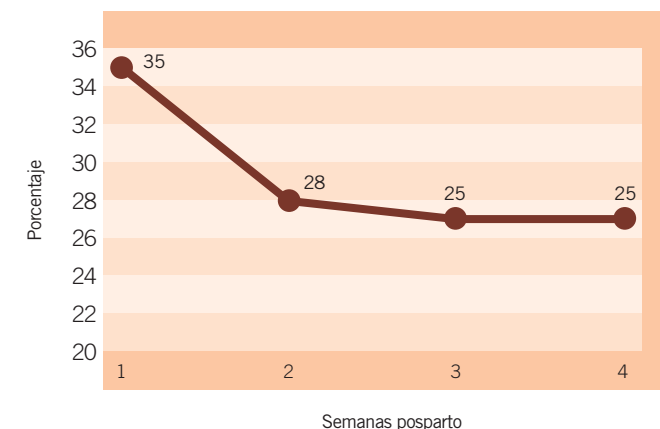
**Medición de la sensibilidad de la sonda y distribución de la temperatura en placa**

La forma más práctica es utilizar el **termómetro de infrarrojos tipo pistola** mejor con puntero láser óptico. Este termómetro mide sólo temperaturas de superficie con un radio proporcional a la distancia de medición. Recomendamos medir a una distancia de un metro de la placa (figura 2). Como la distribución de la temperatura de la placa no suele ser homogénea deberemos medir en varios lugares de la misma

Figura 2. Medición de la temperatura de la placa de calor de los lechones.



Temperatura zona de descanso de lechones



Para medir la temperatura de placa deberemos realizar mediciones a un metro de distancia en varios puntos de la misma para comprobar la distribución uniforme del calor en la placa, comparar el rendimiento de distintas placas de la sala, comprobar la regulación, las medias y desviaciones de temperatura entre placas y salas, etc. Abajo vemos las recomendaciones de temperatura de placa para lechones de maternidad en función de las semanas de lactación.

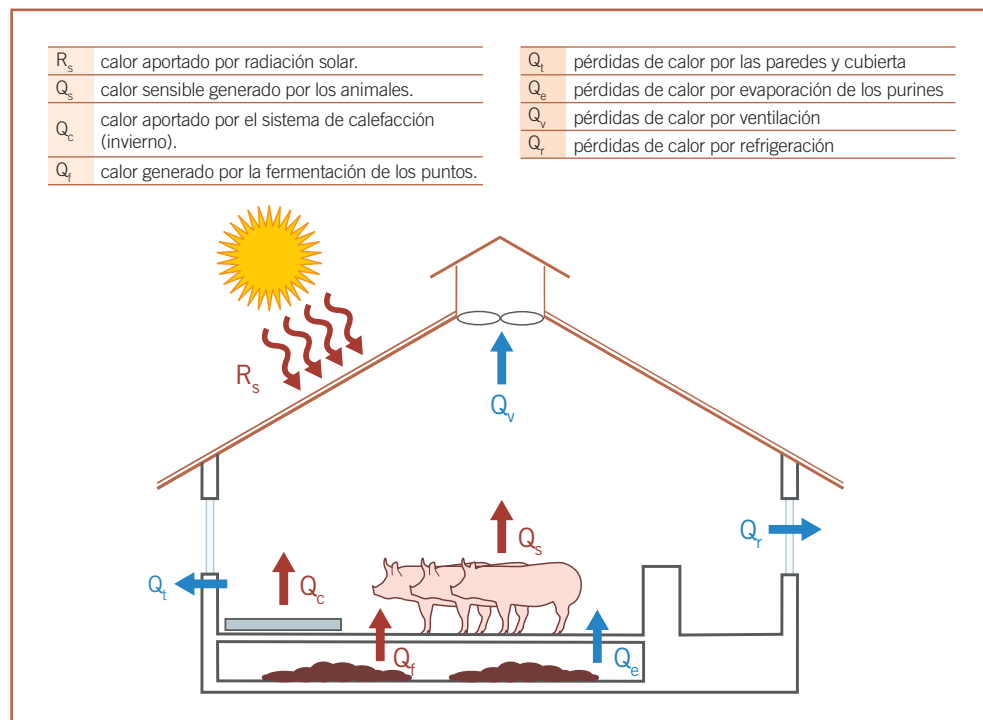


Figura 4. Intercambios de calor en un alojamiento porcino.

A continuación, se detallan cada uno de los términos de la ecuación de balance de potencias de calor expuesta anteriormente.

La **potencia de calor aportada por los animales** ( $dQ_a/dt$ ) hay que desdoblarla en dos fracciones: la que emite a través de la temperatura corporal (calor sensible,  $dQ_s/dt$ ) y la que se invierte en evaporar agua (respiración, purines, bebederos...); a esta fracción de calor se la denomina calor latente ( $dQ_f/dt$ ). En invierno, es interesante subestimar la aportación en calor sensible de los animales y en sentido opuesto para el verano.

CIGR (1999) estima que las aportaciones de calor de los animales se sitúan en valores como:

- Para lechones :

$$\frac{dQ_{ai}}{dt} = 7,4 \cdot m^{0,66} + (1 - K_y) \cdot (M - Q_m)$$

- Para cerdos de engorde:

$$\frac{dQ_{ai}}{dt} = 5,9 \cdot m^{0,75} + (1 - K_y) \cdot (M - Q_m)$$

- Para cerdas gestantes:

$$\frac{dQ_{ai}}{dt} = 5,5 \cdot m^{0,76} + 28 \cdot Y_1 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot p^3 + 76 \cdot Y_2$$

- Para cerdas lactantes:

$$\frac{dQ_{ai}}{dt} = 5,5 \cdot m^{0,76} + 28 \cdot Y_1$$

$dQ_{ai}/dt$	potencia de calor aportado por un animal (expresado en W).		
$m$	peso vivo del animal (kg).		
$K_y$	índice de conversión = $0,47 + 0,003 \cdot m$ .		
$M$	concentración de energía bruta en la alimentación (expresado en W).		
$dQ_m/dt$	potencia de calor metabólico = $5,6 \cdot m^{0,75}$ (expresado en W).		
$Y_1$	producción de leche ( $\approx 6$ kg/d).		
$p$	días de gestación (d).		
$Y_2$	producción de carne. <table style="display: inline-table; vertical-align: middle; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">multípara <math>\approx 0,18</math> kg/d</td> </tr> <tr> <td>primípara <math>\approx 0,62</math> kg/d</td> </tr> </table>	multípara $\approx 0,18$ kg/d	primípara $\approx 0,62$ kg/d
multípara $\approx 0,18$ kg/d			
primípara $\approx 0,62$ kg/d			

La proporción de potencia de calor sensible respecto al total aportado por un animal, en función de la temperatura ambiental en el entorno del animal es de:

$$\frac{dQ_{si}}{dt} = \frac{dQ_{ai}}{dt} \cdot \left[ 0,8 - 1,28 \cdot 10^{-7} \cdot (T_r + 10)^4 \right]$$

$T_r$	temperatura en el entorno del animal. En la práctica se puede tomar el valor de temperatura consigna que más interese para cada caso ( $^{\circ}C$ ).
-------	---



Figura 3. Alojamiento de cerdas gestantes en grupos con boxes individuales de acceso al alimento. Boxes cortos con suplemento. Fuente: el autor.

El sistema presenta una serie de ventajas que lo hacen muy recomendable:

- Se asocia necesariamente a grupos pequeños (8-12 cerdas), homogéneos y estables, que han sido los manejados habitualmente por nuestros ganaderos de porcino que tradicionalmente han alojado a sus cerdas gestantes en grupo. De este modo, se reducen notablemente las agresiones.
- La cerda está protegida dentro de la jaula, incluso de la mordedura de vulvas si el box está cerrado.
- Se habilita una zona adicional de reposo e incluso de deyecciones.
- La alimentación es individualizada. Se trata de distribuir la ingesta de forma racionada en función de la evolución de la condición corporal conforme la gestación

avanza, evitando los principales inconvenientes del alojamiento en grupo con alimentación a voluntad. Todas las cerdas del grupo consumen la misma cantidad de alimento, con lo que hay que hacer hincapié en que los lotes sean realmente homogéneos.

- La inspección se facilita notablemente, ahorrándose tiempo y aumentando la fiabilidad. Además, el sistema permite inmovilizar a las cerdas para cualquier actuación sobre ellas.
- La adaptación de las cerdas al sistema es muy buena. Sin duda, es el sistema de alojamiento en grupo más parecido al de plaza fija, con lo que es previsible que en las explotaciones ya existentes que adopten este sistema no haya problemas de adaptación de los animales. Incluso, en un elevado porcentaje de los casos, las cerdas eligen los propios separadores no únicamente para acceder al alimento sino también para descansar, pues en ellos se encuentran más protegidas (fig. 5). Del mismo modo, es previsible que la adaptación de la mano de obra del sistema en plaza fija al de boxes individuales sea más fácil que a otros sistemas de alojamiento en grupo que a continuación describiremos.



Figura 4 (a y b). Alojamiento de cerdas gestantes en grupos con boxes individuales de acceso al alimento. Boxes con puerta trasera de cierre basculante. Fuente: el autor (a) y Albert Vidal (b).



Figura 5. Alojamiento de cerdas gestantes en grupos con boxes individuales de acceso al alimento. Diseño general. Fuente: Albert Vidal.



ejercen efectos perjudiciales sobre los cerdos, es necesario evitar ruidos repentinos y minimizar aquéllos procedentes de la maquinaria y los equipos. Para medir el nivel de ruido en la granja se utilizará un sonómetro.

## Espacio

El espacio de superficie bidimensional destinada a cada cerdo ante todo debe permitir el movimiento y desplazamiento del mismo hasta todos los puntos del parque. Además, el espacio disponible debe permitir también la posibilidad de una adecuada interrelación entre animales, con lo que se garantice un conveniente estado de bienestar del individuo. También cabe indicar que, además del espacio destinado a los animales, es necesario considerar la superficie de los elementos constructivos e instalaciones y de los pasillos de acceso a las plazas o corrales. Para clarificar las diferentes necesidades en espacio, English *et al.* (1992) proponen considerar los siguientes conceptos:

- **Espacio corporal:** el ocupado por el volumen del cuerpo de los animales y personas.
- **Espacio dinámico o ergonómico:** el total utilizado para efectuar cambios básicos en la postura sin cambiar la posición, o sea, sin que exista desplazamiento.
- **Espacio de conducta:** el requerido para llevar a cabo todas las conductas, incluyendo los desplazamientos.
- **Espacio sistémico:** el determinado por el sistema de manejo, por ejemplo, más en suelo con cama de paja que en emparrillado, porque la paja se deteriora más con altas densidades.
- **Espacio residual:** el que no se puede utilizar de manera eficaz para un propósito primario, por ejemplo el que se encuentra cercano a paredes no útil para caminar.

En términos constructivos también es habitual clasificar el espacio entre los siguientes tipos:

- **Espacio construido:** el de construcción necesario para cubrir todos los requerimientos en relación al conjunto de necesidades en espacio.
- **Espacio de las instalaciones:** ocupado por dependencias complementarias como oficinas, laboratorios, aseos, duchas, etc.

- **Espacio de accesos:** el destinado a pasillos y escaleras, si existen.
- **Espacio constructivo útil:** es el que no ocupan los elementos constructivos.
- **Espacio útil para los animales:** el que no ocupan los elementos constructivos ni las instalaciones ni los accesos.

En la práctica, generalmente se pretende conseguir un máximo de superficie útil para los animales con un mínimo de superficie construida. En este sentido, es habitual conseguir una eficiencia constructiva de entre el 60 y 90%.

$$\text{Eficiencia constructiva} = \frac{\text{superficie para los animales}}{\text{superficie total construida}} \times 100$$

El espacio requerido para los cerdos debe determinarse con el objeto de garantizar un buen estado de bienestar y, por tanto, debe contemplar tanto el espacio de conducta como el sistémico. En este sentido puede ser de utilidad conocer la relación existente entre el peso del animal y la dimensión anatómica del cerdo (figura 6).

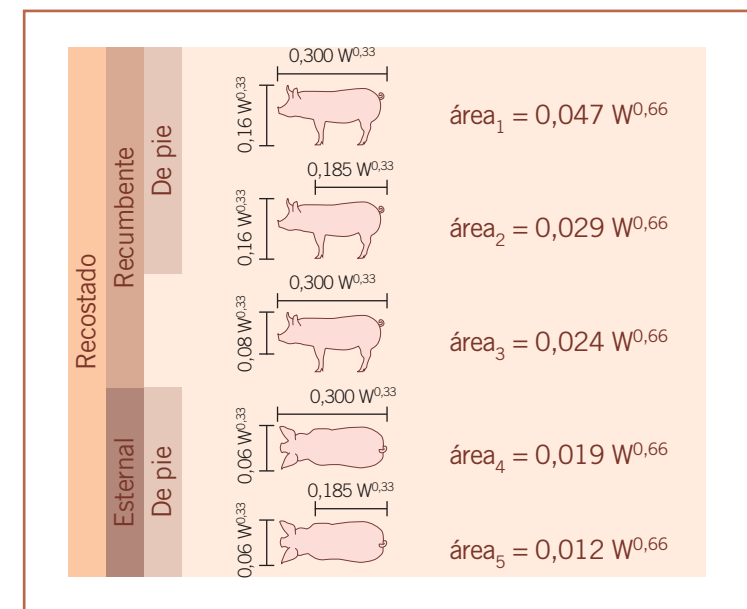


Figura 6. Relación entre el peso del animal (W) y la dimensión anatómica del cerdo (adaptado de English *et al.*, 1992).



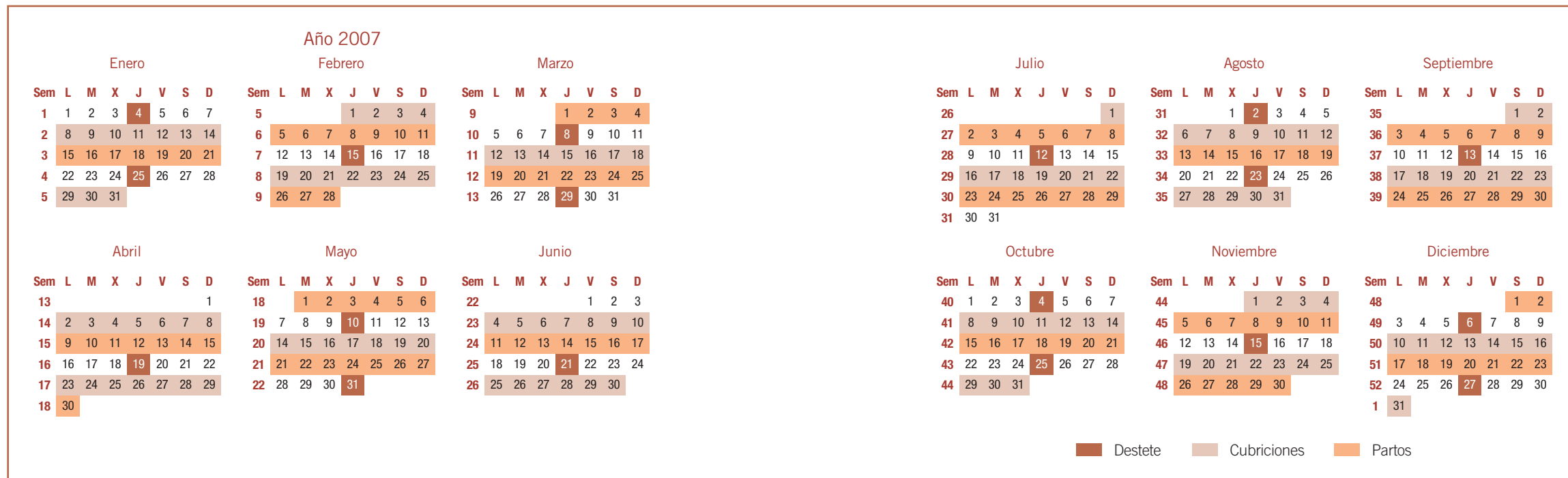


Figura 9. Ejemplo de calendario de trabajo en bandas de 3 semanas, ajustado al año 2007.

### Manejo en banda a 3 semanas (MEB 3)

En cuanto al manejo, organización del trabajo y productividad es sin duda el sistema de manejo en bandas ideal. El principal inconveniente es que precisa de más maternidad, concretamente un 50% más que un sistema de manejo en bandas semanal o de 4 semanas. En este sistema de manejo coinciden dos bandas en maternidad al mismo tiempo, cada banda tiene la producción de 3 semanas, por tanto son necesarias parideras para 6 semanas. El número de lotes que habrá en la granja será de 7.

La organización del trabajo es muy equilibrada (fig. 9), cada semana hay una actividad principal, una semana inseminar, la siguiente partos y la siguiente destete, lo que permite organizar bien el trabajo y permitir potencialmente manejar cualquier tamaño de granja; de hecho, hay explotaciones de 1.500 cerdas trabajando en bandas de 3 semanas.

El área de gestación es muy sencilla de manejar. Las repeticiones cíclicas coinciden en semana de cubrición (fig. 10), podemos permitirnos inseminar por delante de la banda sin demasiados problemas y

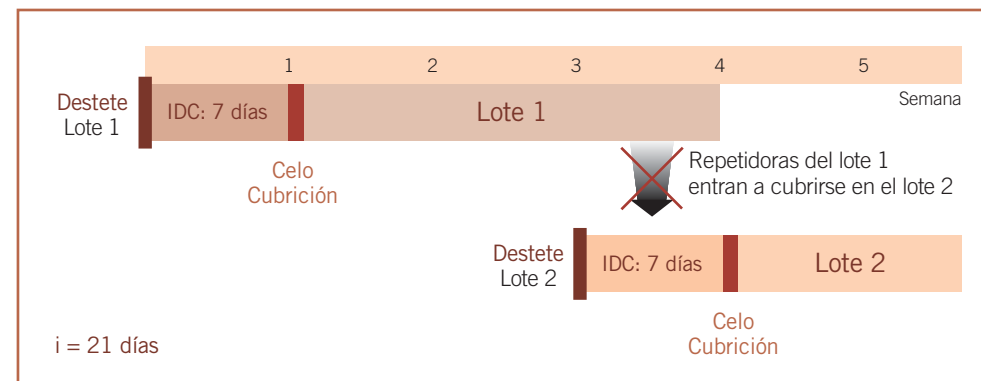


Figura 10. Representación de la secuencia de lotes y la introducción de las repetidoras en el grupo 2, con un intervalo entre lotes de 21 días.

## La ventilación natural

La ventilación natural está basada en la formación de corrientes de aire por diferencias de presión y temperatura entre el aire exterior, frío y seco, que penetra en la nave y el aire interior, caliente y húmedo que es expulsado. Para el diseño de este tipo de ventilación, se utilizan aberturas en las paredes y cubiertas. La velocidad del aire exterior que penetra en el alojamiento dependerá de (Forcada 1997, Garcimartín 1993):

- La velocidad y dirección del viento.
- La diferencia de temperatura (ventilación estática o por convección) entre el aire exterior y el interior (por la diferencia de densidades del aire) y entre fachadas opuestas, debido a la radiación solar.
- La diferencia de alturas entre las aberturas de entrada y las de extracción.

Estas diferencias de presión se generan en diferentes situaciones:

- Cuando el viento incide sobre una nave origina mayor presión en la zona a barlovento que a sotavento; dicha diferencia de presión tiende a equilibrarse mediante corrientes de aire desde la zona de mayor presión a la de menor presión.
- En condiciones de viento nulo (condición más desfavorable para la ventilación natural), cualquier diferencia de temperatura genera movimiento del aire por diferencia de densidad del mismo. Así pues, en el interior de naves estrechas y orientadas este-oeste, la fachada situada al sur se calienta por acción del sol y en cambio, el aire es más frío en las proximidades de fachada norte, ello supone una entrada de ese aire más fresco y una salida del existente en el interior a la altura de los animales. En alojamientos anchos, la influencia de las superficies de cerramiento es menos marcada y la ventilación se favorece tan solo por la propia diferencia de temperatura entre aire exterior y el interior; en caso de naves con solo ventanas laterales, existe una salida de aire viciado sobre el mismo ventanal y para naves con abertura cenital la salida de aire se da sobre dicha abertura.

La ventaja más relevante de este sistema es que no requiere consumo energético. Por contra, exige mayor diafanidad de las aberturas y del interior del alojamiento y se consigue mayor ventilación por diferen-

cias de temperatura cuando es menos necesario, en invierno, y viceversa. Al abrir más la nave, sufre más la influencia del viento en situaciones no deseadas. Para ello, es muy recomendable que los alojamientos con este sistema de ventilación automaticen la abertura y cierre de las ventanas con el objetivo de llevar a término un control adecuado de las renovaciones de aire (fig. 9). Para ello simplemente se deben instalar sondas, como mínimo a dos bandas de la nave, que envíen información a un microprocesador conectado a un motor (Forcada 1997, Garcimartín 1993).



Figura 9. Imágenes de las protecciones en las aberturas (izda.) y el dispositivo de regulación de las ventanas (dcha.) en una granja de engorde.

El dimensionamiento de ventanas laterales y aberturas en cumbrera se realiza bajo el supuesto de viento nulo y diferencias de temperaturas entre la exterior media mensual de máximas diarias y la consignada para el interior.

Dado que los caudales que se producen en ventilación natural son relativamente pequeños, es razonable considerar la eficiencia de ventilación igual a 1 y las pérdidas de carga o presión despreciables.