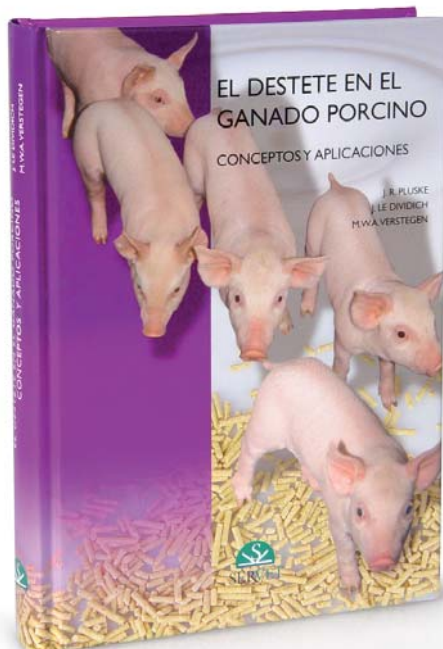


EL DESTETE EN EL GANADO PORCINO CONCEPTOS Y APLICACIONES



Autores: J. R. Pluske, J. Le Dividich
M.W.A. Verstegen

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

Características técnicas

Formato: 17 x 24 cm.

Número de páginas: 456.

Encuadernado: tapa dura.

Editorial: Servet

I.S.B.N.: 978-84-934736-7-9

El destete en el ganado porcino: conceptos y aplicaciones recoge la información y los datos más actualizados de todos los aspectos relacionados con el proceso del destete, así como sus aplicaciones prácticas en la producción porcina. Trata temas de reciente interés como son: el bienestar animal, la seguridad alimentaria y la calidad de la producción en relación al uso de antibióticos como promotores de crecimiento.



Índice

| | |
|--|----|
| I. El crecimiento del cerdo tras el destete | 3 |
| Introducción | 3 |
| El potencial de crecimiento del cerdo al destete | 3 |
| Descripción del crecimiento | 4 |
| El freno del crecimiento en el destete | 5 |
| El peso vivo al destete. Su importancia en el crecimiento posdestete..... | 7 |
| ¿Puede incrementarse el peso al destete con una alimentación suplementaria? | 8 |
| ¿Presentan un crecimiento más rápido hasta el sacrificio aquellos cerdos sobre los que se ha actuado para que alcancen un peso superior al destete?..... | 11 |
| ¿Se manifiesta en los cerdos un crecimiento compensatorio? | 13 |
| La importancia de la ganancia de peso en la primera semana posdestete | 15 |
| Minimizar el freno del crecimiento en el destete | 15 |
| ¿Minimizar el freno en el crecimiento presenta ventajas a largo plazo? | 18 |
| Conclusiones | 20 |
| Bibliografía | 21 |
| | |
| 2. El manejo nutricional del lechón en la preparación para el destete | 25 |
| Introducción | 25 |
| La importancia del peso al destete en el crecimiento posterior | 26 |
| La ingesta de nutrientes antes del destete | 27 |
| La administración de pienso de iniciación durante la lactación | 28 |
| Ingesta de un pienso de iniciación | 28 |
| El empleo de dietas líquidas para elevar la ingesta de alimento..... | 29 |
| El efecto del sexo sobre la ingestión de nutrientes en los cerdos recién nacidos..... | 32 |
| La composición de las dietas suministradas durante la lactación | 32 |
| Formulación nutricional de los piensos de iniciación | 34 |
| Empleo de aromatizantes en las dietas de iniciación..... | 34 |
| Presentación del pienso de iniciación..... | 36 |
| El agua para los lechones en lactación | 36 |
| Conclusiones | 37 |
| Bibliografía | 37 |

| | |
|---|-----|
| 3. Modificaciones del comportamiento y adaptaciones asociadas al destete | 41 |
| Resumen..... | 41 |
| Introducción | 42 |
| Consecuencias neuroendocrinas del destete..... | 42 |
| El papel crítico de la dieta | 43 |
| Comportamiento | 46 |
| Conclusiones..... | 47 |
| Bibliografía..... | 48 |
| | |
| 4. Cambios metabólicos y endocrinos en el periodo del destete | 51 |
| Introducción | 51 |
| El freno del crecimiento posdestete | 51 |
| Efecto del destete sobre el metabolismo | 56 |
| Metabolismo de los lípidos y los carbohidratos | 56 |
| Metabolismo proteico | 59 |
| Estado hormonal | 60 |
| Somatotropina y factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I)..... | 60 |
| Insulina..... | 64 |
| Eje hipotalámico-pituitario | 65 |
| Conclusiones..... | 67 |
| Bibliografía..... | 67 |
| | |
| 5. Factores que afectan a la ingesta voluntaria de alimento del cerdo en el destete | 73 |
| Introducción..... | 73 |
| Comportamiento de alimentación de lechones mantenidos bajo condiciones “naturales” o “semi naturales” | 74 |
| La práctica del destete comercial: un hecho aislado más que un proceso | 80 |
| Ingesta de alimento y agua previa al destete | 81 |
| Relación entre el consumo de alimento previo al destete y el crecimiento posdestete..... | 85 |
| Comportamiento alimentario del cerdo destetado..... | 88 |
| Ingesta de agua y alimento del cerdo destetado | 90 |
| La importancia de mantener una continuidad en la ingesta de alimento tras el destete ... | 95 |
| La interacción entre el consumo de agua y alimento tras el destete | 98 |
| Alimentación líquida en el periodo posdestete..... | 102 |
| Conclusiones..... | 105 |
| Bibliografía..... | 106 |
| | |
| 6. Fisiología digestiva del cerdo en el destete | 113 |
| Resumen | 113 |
| Introducción | 113 |



| | |
|---|-----|
| Estrategias para la adaptación del cerdo neonato a la nutrición enteral | 114 |
| Preparación | 115 |
| Aplicación I | 116 |
| Perspectiva I | 119 |
| El cerdo destetado | 119 |
| El destete comercial..... | 119 |
| Respuesta gastrointestinal, pancreática y hepática | 120 |
| Respuesta morfológica del intestino delgado..... | 121 |
| Respuesta de la carbohidrasa y el transportador en el intestino delgado | 124 |
| Transporte de aminoácidos | 126 |
| Perspectiva 2 | 127 |
| Regulación de la adaptación posdestete | 128 |
| Retirada de la leche | 128 |
| Estrés asociado al destete | 129 |
| Efectos directos de la dieta | 131 |
| Efectos indirectos de la dieta | 134 |
| Perspectiva 3 | 138 |
| Bibliografía | 139 |
| | |
| 7. Modulación de la integridad del intestino delgado mediada por la dieta en el lechón destetado | 145 |
| Resumen | 145 |
| Introducción | 146 |
| Integridad del intestino delgado | 148 |
| Morfología del intestino delgado | 149 |
| Producción de mucus..... | 150 |
| Permeabilidad transepitelial..... | 150 |
| Inflamación | 151 |
| Actividad enzimática del borde en cepillo | 152 |
| Productividad del animal..... | 153 |
| Modulación de la integridad del intestino delgado mediante la nutrición luminal | 153 |
| Modulación ejercida por la vía de administración | 154 |
| Modulación por el nivel de ingesta de energía | 160 |
| Modulación por los componentes de la dieta..... | 162 |
| Proteína | 162 |
| Aminoácidos | 171 |
| Grasas y ácidos grasos poliinsaturados | 177 |
| Fibra y oligosacáridos no digeribles | 180 |
| Probióticos y ácido láctico | 186 |
| Factores de crecimiento | 187 |
| Poliaminas | 189 |
| Nucleótidos | 191 |
| Conclusiones | 192 |
| Bibliografía | 193 |

| | |
|--|-----|
| 8. Interacciones entre la microflora intestinal, la dieta y la diarrea y sus influencias sobre el estado sanitario del lechón en el periodo inmediatamente posterior al destete | 205 |
| Resumen | 205 |
| Cambios de la microflora intestinal en el destete | 205 |
| Principales enfermedades entéricas en el destete | 207 |
| Colibacilosis posdestete (CPD) | 209 |
| Factores que favorecen el desarrollo de la colibacilosis posdestete | 211 |
| La función del intestino delgado | 211 |
| La función del intestino grueso | 212 |
| La función específica de la dieta | 213 |
| La función específica de los polisacáridos no amiláceos dietéticos en la CPD | 214 |
| Conclusiones | 219 |
| Agradecimientos | 220 |
| Bibliografía | 220 |
| | |
| 9. Aspectos de la inmunidad intestinal en el cerdo en el periodo del destete | 227 |
| Introducción | 227 |
| Revisión general de los sistemas inmunitarios | 228 |
| Inmunidad activa | 228 |
| Inmunidad innata | 228 |
| Inmunidad adaptativa | 230 |
| Inmunidad humoral | 230 |
| Inmunidad celular | 231 |
| Inmunidad pasiva | 231 |
| El sistema inmune intestinal | 233 |
| Inflamación intestinal | 236 |
| Tolerancia oral | 238 |
| Desarrollo de la inmunidad intestinal | 240 |
| El efecto del destete sobre el sistema inmune intestinal | 244 |
| Revisión del proceso del destete | 244 |
| Alteración de la morfología intestinal | 245 |
| Activación del sistema inmune intestinal | 247 |
| Alteración de la función de barrera epitelial | 248 |
| Hipersensibilidad a los antígenos de la dieta | 253 |
| Conclusiones | 255 |
| Bibliografía | 256 |
| | |
| 10. Necesidades nutricionales del cerdo destetado | 269 |
| Resumen | 269 |
| Introducción | 269 |
| Importancia del peso y de la edad del cerdo | 269 |
| Bases sobre las especificaciones de los nutrientes para el cerdo destetado | 272 |



| | |
|--|------------|
| Selección de los ingredientes en función de la capacidad digestiva | 273 |
| Necesidades nutricionales del cerdo destetado | 275 |
| Energía | 275 |
| Aminoácidos | 275 |
| Otras propuestas para definir la estimación de las necesidades | 277 |
| Vitaminas | 280 |
| Minerales | 281 |
| Diarrea posdestete y óxido de zinc | 282 |
| Microminerales orgánicos | 284 |
| Selección de los ingredientes para el cerdo destetado | 284 |
| Fuentes de energía | 284 |
| Lactosa | 284 |
| Grasa | 285 |
| Fuentes de cereales | 288 |
| Fuentes de proteína | 288 |
| Plasma animal deshidratado | 288 |
| Concentrado de proteína de suero | 290 |
| Harina de pescado de alta calidad | 290 |
| Leche descremada desecada | 291 |
| Harina de sangre o glóbulos rojos deshidratados | 291 |
| Solubles de porcino secados | 292 |
| Harina de soja | 292 |
| Productos de soja procesados | 294 |
| Proteína de patata | 295 |
| Proteína de huevo deshidratada | 296 |
| Gluten de trigo deshidratado | 296 |
| Aditivos alimentarios no nutricionales (p. ej., antibióticos, enzimas, ácidos orgánicos, etc.) | 297 |
| Ejemplo de un programa de alimentación por fases para cerdos destetados precozmente | 298 |
| Dieta SEW: desde el destete hasta los 5 kg | 298 |
| Dieta de transición: 5 a 7 kg | 301 |
| Fase 2: 7 a 11 kg | 302 |
| Fase 3: 11,5 a 23 kg | 303 |
| La importancia del manejo en el éxito del programa nutricional | 305 |
| Manejo para estimular el consumo de alimento | 305 |
| Ajuste frecuente de los comederos para minimizar el desperdicio de pienso..... | 306 |
| Bibliografía | 307 |
| | |
| II. Requerimientos de nutrientes intestinales | |
| en el cerdo destetado | 315 |
| Introducción | 315 |
| Modificaciones del tracto gastrointestinal durante el destete | 315 |
| Fase aguda | 316 |
| Fase de adaptación | 319 |
| Utilización de los nutrientes intestinales en el cerdo joven | 321 |

| | |
|--|-----|
| Bases fisiológicas y celulares del metabolismo intestinal | 322 |
| Índice metabólico relativo | 322 |
| La utilización luminal frente a la utilización arterial de los nutrientes | 323 |
| Comparación entre las criptas y los enterocitos de las vellosidades | 325 |
| Principales fuentes de combustión oxidativa | 326 |
| Glutamina, glutamato y aspartato | 326 |
| Glucosa | 328 |
| Cetonas y ácidos grasos de cadena corta | 330 |
| Utilización de los aminoácidos esenciales | 331 |
| Destino metabólico | 331 |
| Nivel de ingesta, forma química y digestibilidad | 331 |
| Treonina, metionina y cisteína | 333 |
| Lisina, fenilalanina y aminoácidos de cadena ramificada | 335 |
| Arginina y prolina | 336 |
| Interacciones entre la nutrición y la funcionalidad y el estatus sanitario del intestino | 338 |
| Nutrientes específicos del intestino | 338 |
| Impacto de los agentes antimicrobianos y la infección | 340 |
| Resumen y perspectivas | 342 |
| Agradecimientos | 343 |
| Bibliografía | 343 |
| | |
| I2. Necesidades ambientales y de alojamiento del cerdo destetado | 353 |
| Introducción | 353 |
| Requerimientos ambientales del cerdo destetado | 354 |
| Acontecimientos relacionados con el destete que afectan a los requerimientos térmicos | 354 |
| Consumo de alimento | 354 |
| Metabolismo de las grasas y efectos en el aislamiento térmico corporal | 355 |
| Temperatura ambiente | 356 |
| El periodo crítico | 356 |
| El periodo poscrítico | 356 |
| Modos de reducir los costes de calefacción | 357 |
| Provisión de un microambiente | 358 |
| Provisión de cama | 358 |
| Reducción de la temperatura nocturna | 359 |
| Humedad relativa y ventilación | 360 |
| Iluminación | 361 |
| Efectos de un clima no óptimo sobre el rendimiento | 361 |
| Estructura de los corrales | 363 |
| Material del suelo..... | 363 |
| Comederos y bebederos | 363 |
| Densidad de animales | 364 |
| Tamaño del grupo | 365 |



| | |
|---|-----|
| El alojamiento como causa del mal estado sanitario del cerdo destetado | 366 |
| Pruebas de que las condiciones de alojamiento predisponen al cerdo a los trastornos digestivos | 367 |
| Impacto de un clima interior no óptimo sobre el estatus sanitario del cerdo | 368 |
| Naturaleza multifactorial de los trastornos posdestete: factores de riesgo asociados al alojamiento y al manejo | 369 |
| La integración de los factores de riesgo para mejorar la salud | 370 |
| Conclusiones | 373 |
| Bibliografía | 373 |
| | |
| 13. Recuperación y cría de lechones débiles y supernumerarios y la mejora de su salud al destete | 379 |
| Introducción | 379 |
| ¿Qué son lechones débiles y lechones supernumerarios? | 380 |
| Causas que contribuyen a la variación del peso al nacimiento y del peso al destete | 382 |
| Variación del peso al nacimiento | 382 |
| Variación del peso al destete | 383 |
| Diferencias entre lechones débiles y lechones normales | 383 |
| Composición corporal | 383 |
| Productividad de los cerdos débiles | 385 |
| Prácticas de manejo para mejorar la supervivencia y el crecimiento del cerdo débil | 385 |
| Proporcionar asistencia a los lechones débiles recién nacidos | 387 |
| Supervisión de los partos | 387 |
| Suministro de energía e inmunoglobulinas | 387 |
| Adopción cruzada de lechones o <i>cross fostering</i> | 388 |
| Destete segregado | 389 |
| Estrategia de alimentación | 390 |
| Fase de lactación | 390 |
| Fase de destete | 390 |
| Potencial de crecimiento del lechón débil | 390 |
| Lechones supernumerarios | 391 |
| Destete en el día 1-3 | 391 |
| Adopción por una cerda lactante | 392 |
| Destete con una semana de edad | 392 |
| Manejo enfocado a la mejora de la salud del lechón | 393 |
| Sistema de manejo todo dentro-todo fuera | 393 |
| Segregación | 394 |
| Conclusiones: es necesaria más investigación | 397 |
| Bibliografía | 397 |
| | |
| 14. Productividad y longevidad de la cerda destetada | 405 |
| Introducción | 405 |
| Causas reproductivas de la eliminación de la cerda | 406 |
| Consecuencias de la lactación y el destete sobre el eje reproductivo | 409 |
| Inhibición posparto | 409 |

| | |
|--|------------|
| Efectos a largo plazo de la gestación y del parto | 409 |
| Influencia de la lactación | 410 |
| Influencia del estado metabólico | 412 |
| Eliminación en el destete de la inhibición del eje hipotálamo-hipófisis- ovario | 414 |
| Variación del rendimiento reproductivo: alcance y fuentes de la variación | 415 |
| Componentes de la fertilidad y la prolificidad | 415 |
| Influencia de los factores nutricionales | 416 |
| Influencia del aporte de nutrientes | 416 |
| Influencia de la composición de la dieta | 420 |
| Proteínas | 420 |
| Almidón/Grasa | 421 |
| Influencia de las reservas corporales | 422 |
| Conclusión | 424 |
| Influencia de las características de la lactación | 425 |
| Tamaño de camada | 425 |
| Duración de la lactación | 426 |
| Influencia del ambiente físico y social | 426 |
| Ambiente climático | 426 |
| Ambiente del alojamiento | 428 |
| Efecto del verraco | 429 |
| Relaciones entre el IDC, el tamaño de camada y el índice de partos | 429 |
| Tasa de ovulación | 430 |
| Tasa de fertilización | 431 |
| Mortalidad embrionaria | 432 |
| Conclusiones | 432 |
| Bibliografía | 433 |
| Lista de autores | 443 |



TABLA 5.1

| Resumen esquemático del desarrollo de los lechones en condiciones naturales | | | |
|---|-------------------------------|--|---|
| Semana | Fase | Características de comportamiento | Influencia sobre el desarrollo del cerdo |
| 1 | Ocultamiento | <ul style="list-style-type: none"> Al principio lechones aislados en el nido construido por la madre. Excursiones limitadas alrededor del nido. | <ul style="list-style-type: none"> Nutrientes proporcionados totalmente por la madre. Determinación del desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI) por los nutrientes y moléculas bioactivas de la leche de la cerda. Colonización microbiana inicial del TGI dominada por la flora procedente de la cerda. Inmunidad pasiva proporcionada por las inmunoglobulinas de la leche de la cerda. |
| 2-3 | Seguimiento (Familiarización) | <ul style="list-style-type: none"> Los lechones salen del nido y siguen a la cerda. La cerda y la camada se reagrupan en el grupo matriarcal. Los lechones permanecen junto al grupo de su camada, con una escasa o una falta de integración con otros lechones. Los lechones empiezan a hozar. | <ul style="list-style-type: none"> La leche continúa siendo el nutriente dominante. Las moléculas bioactivas de la leche continúan influenciando el desarrollo del TGI. La prueba limitada de elementos del medio expone el TGI a otros microbios. Desarrollo de la inmunidad activa en respuesta a la prueba del medio. |
| 4-7 | Integración (¿Aprendizaje?) | <ul style="list-style-type: none"> Los lechones refuerzan el comportamiento de buscar alimento (pacer). Los lechones comienzan a integrarse con los demás. La cerda deja a los lechones durante periodos cada vez mayores. Aumenta el intervalo entre ciclos de amamantamiento. La cerda pone fin a los ciclos de amamantamiento cada vez antes. Los lechones llegan a integrarse completamente con los otros miembros del grupo social. | <ul style="list-style-type: none"> La demanda nutricional de los lechones comienza a superar el aporte de la cerda, lo que induce a los lechones a buscar alimento por sí mismos, habitualmente cerca de la cerda. La disminución de las ocasiones para mamar y la limitación de nutrientes aportados por la cerda anima a los lechones a pacer independientemente. Las nuevas fuentes de alimento estimulan el desarrollo del TGI y el sistema inmune. La leche todavía contribuye al desarrollo y salud del intestino. La inmunidad pasiva deja de ser efectiva. Los lechones entablan un comportamiento competitivo, resuelven conflictos y desarrollan una nueva estructura social. |

| | | | |
|------|---------------|---|--|
| 8-17 | Independiente | <ul style="list-style-type: none"> El amamantamiento de la cerda se hace menos frecuente hasta que cesa en un punto determinado (cerdos destetados). Los lechones funcionan de forma independiente como una parte del ampliado grupo social. Los lechones puede que continúen durmiendo en el grupo familiar junto con la cerda. | <ul style="list-style-type: none"> Los lechones se hacen cada vez más independientes de la cerda y del grupo de su camada. Los lechones desarrollan estrategias independientes de alimentación (cantidad comida/intervalo entre comidas). La retirada de la leche representa la fase final en el desarrollo de TGI. |
|------|---------------|---|--|

TABLA 5.2

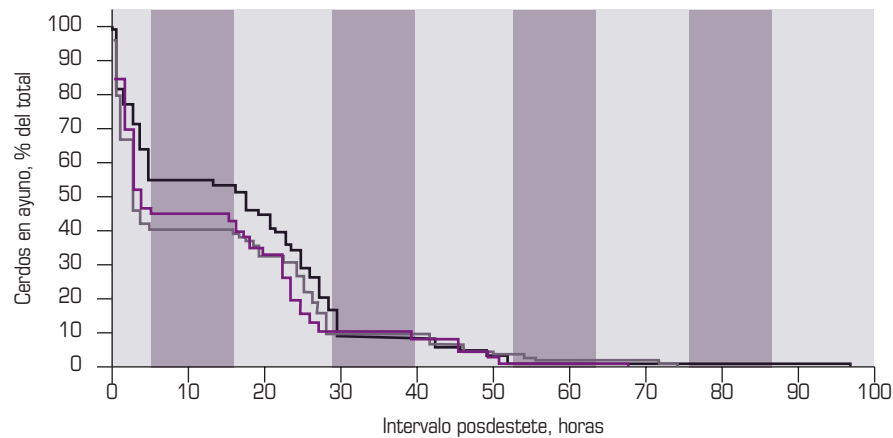
| Estimaciones de intervalos entre ciclos de amamantamiento | | |
|---|------------------|-----------------------------------|
| Intervalo (minutos) | Día de lactación | Referencia |
| 40 a 45 | 1 a 13 | (Arey y Sancha, 1996) |
| 40 a 60 | 1 a 14 | (Gustafsson <i>et al.</i> , 1999) |
| 29 a 78 | 1 a 42 | (Newberry y Word-Gush, 1984) |
| 76 | 3 | (Spinka <i>et al.</i> , 1997) |
| 51 y 63 (amplitud 26-96) | 6 a 51 | (Barber <i>et al.</i> , 1955) |
| 44 (amplitud 21-92) | 7 a 28 | (Ellendorff <i>et al.</i> , 1982) |
| 48 a 52 | 10 a 24 | (Auldust y King, 1995) |
| 52 (amplitud 42-68) | 14 a 5 | (Wechsler y Brodmann, 1996) |
| 53 ± 9,7 | primeras 48 h | (Horrell, 1997) |
| 42 ± 2,4 | 6 a 8 | |
| 91 ± 6,7 | 14-28 | |
| 86 ± 21,3 | 42-49 | |
| 64 | 14 | (Bøe, 1991) |
| 72 | 28 | |
| 102 | 42 | |
| 182 | 56 | |
| 334 | 70 | |



Recientes estudios han demostrado que no solamente existe una gran variación en el comportamiento de alimentación de los cerdos en la fase previa al destete sino que también hay una gran variación justo después del destete. Bruininx *et al.* (2001b), emplearon una central informatizada de pesaje para medir la ingesta individual de cerdos alojados en grupo en el periodo inmediatamente posterior al destete. Sus datos (figura 5.5) reflejan dos puntos importantes. En primer lugar, había una considerable variación del intervalo entre el destete y la primera comida ya que cerca de un 10% de los cerdos tardaban más de 40 horas en comer por primera vez y otros tardaban casi 100 h.

FIGURA 5.5

Porcentaje de cerdos sin comer a diferentes intervalos posdestete. Las líneas representan los cerdos con diferentes categorías de peso al destete. Las bandas oscuras se corresponden con los periodos de oscuridad.

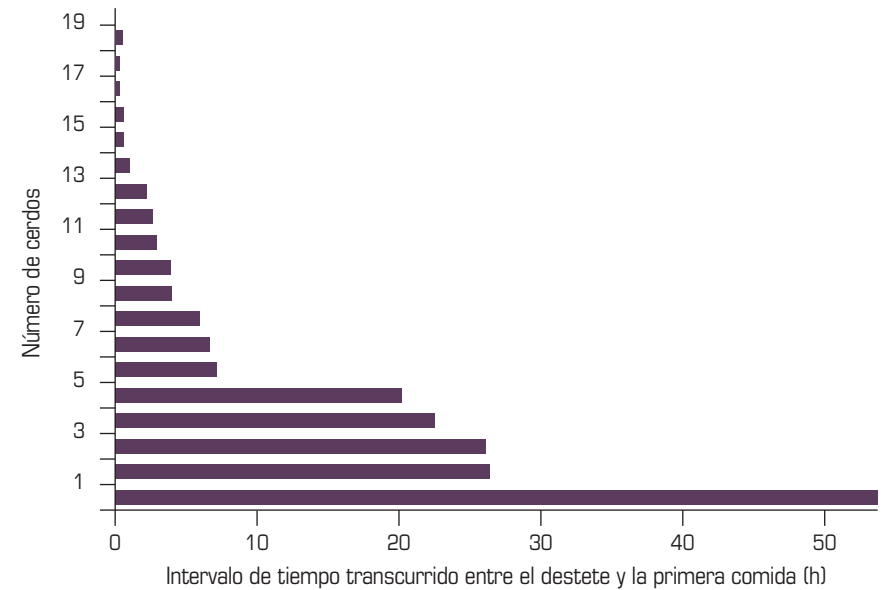


En segundo lugar, el número de cerdos que había empezado a comer aumentaba muy poco durante el periodo de oscuridad. Como el rendimiento de los cerdos que se alimentaban mediante el centro informatizado era similar al de los cerdos que se alimentaban mediante comederos individuales (Bruininx *et al.*, 2001a), cabe suponer que el modelo de ingesta de alimento fue similar al referente a este tipo de sistema de alimentación. Sin embargo, dichos sistemas impiden la ayuda social y el tipo de comportamiento sincronizado de alimentación que debería ser más normal en los cerdos de esa edad.

Recientemente hemos estudiado el periodo de tiempo transcurrido hasta la primera comida en cerdos a los que se les suministraba una dieta líquida y en una situación en la que el 50% de los cerdos podía comer de forma simultánea (Brooks y Brice, datos no publicados). Los resultados (figura 5.6)

FIGURA 5.6

Intervalo de tiempo transcurrido entre el destete y la primera comida en grupos de cerdos estabulados y destetados a los 21 días, alimentados con una dieta líquida fermentada.



Brooks y Brice, datos no publicados.

muestran un patrón similar a los datos obtenidos por Bruininx *et al.* (2001b). Mientras que la mayoría de los cerdos tomaban su primera comida a los tres minutos, algunos animales tardaban mucho tiempo (hasta 54 h) en comer por primera vez a pesar de que sus compañeros ya habían encontrado el alimento y estaban comiendo. No hemos logrado encontrar ningún dato referente al comportamiento de alimentación de cerdos mantenidos en una situación en la que el grupo completo de la camada pueda comer a la vez.

En los últimos años se ha tendido a alojar a los animales destetados en grupos cada vez más grandes (desde 100 a 1.000 cerdos por grupo). No obstante, no se ha intentado determinar el efecto que esto tiene sobre el individuo ni el grado en el que el gran tamaño del grupo afecta a la variabilidad. Una de las ventajas de los grupos grandes es que los compañeros de camada permanecen generalmente juntos. La observación subjetiva de cerdos mantenidos en grupos muy grandes (+ de 100 cerdos) parece indicar que las camadas tienden a conservar una identidad y continúan mostrando el comportamiento sincronizado de alimentación. No obstante, las alteraciones del comportamiento de alimentación deben de ser menores que en el caso de los grupos pequeños, ya que el grupo de cada camada puede comer reunido y de forma independiente a los grupos de otras camadas en el establo.



tanto, la selección de los ingredientes debería basarse, además de en el coste, en factores como la digestibilidad de los nutrientes, la densidad de los aminoácidos, la concentración de lactosa y los factores estimulantes del consumo de pienso y/o el crecimiento. Otra consideración a tener en cuenta es el modo en el que un ingrediente o una combinación de ingredientes podría reaccionar bajo los diferentes métodos de procesamiento del pienso. Un ejemplo de esta última consideración es el empleo de grasa añadida. A pesar de que el cerdo no utiliza bien la grasa añadida como fuente de energía inmediatamente después del destete, su inclusión resulta esencial si se tienen que granular las dietas que contienen niveles elevados de leche y de otras fuentes de proteína especializadas.

El sistema digestivo del cerdo recién destetado es relativamente inmaduro pero a la edad del destete, está bien adaptado para digerir las proteínas, la lactosa y los lípidos secretados en la leche de la cerda. Es un hecho comprobado que la inclusión de lactosa a los ingredientes constituyentes de la dieta ayuda a la transición entre la leche de la cerda y el pienso sólido durante el destete (Tokach *et al.*, 1989; Mahan, 1992; Nessmith *et al.*, 1997). Sin embargo, hay pruebas que parecen indicar que a pesar de todos nuestros intentos por reproducir la composición nutricional de la leche de la cerda en el pienso seco, se producen cambios drásticos en el tamaño, la forma y la funcionalidad de las vellosidades del intestino delgado (Cera *et al.*, 1988a; Li *et al.*, 1990a, 1991a, b; Jiang *et al.*, 2000). Las modificaciones anatómicas que se producen en las vellosidades después del destete pueden ser una causa posible de la pobre utilización de algunos ingredientes. Por ejemplo, estos cambios anatómicos en las vellosidades pueden provocar una reducción de la secreción de proteínas que fijan los ácidos grasos, lo que va asociado a una pobre utilización de las grasas por parte del cerdo durante los 10 a 14 días posdestete (Reinhart *et al.*, 1990). La selección de los ingredientes también puede influir en el grado con el que se manifiestan dichos cambios en la estructura y el funcionamiento de las vellosidades. Un ejemplo es el acortamiento de las vellosidades originado por la reacción de hipersensibilidad de tipo retardado provocada por un exceso de harina de soja en la dieta inmediatamente posterior al destete (figura 10.3; Li *et al.*, 1990a, b). Algunos ingredientes como el plasma animal deshidratado, también pueden ejercer un efecto positivo sobre el desarrollo intestinal (Jiang *et al.*, 2000). Aunque es mayor nuestro conocimiento sobre la influencia que tiene la selección de ingredientes sobre la estructura y el funcionamiento de las vellosidades, el rápido cambio de la función de las vellosidades que se da en el destete parece que todavía es un reto primordial en la nutrición del cerdo destetado. A pesar de los cambios que se producen en la fisiología digestiva en el momento del destete, la solubilidad de la fuente proteica en el intestino es probable que sea la limitación principal de la digestión en el cerdo destetado precozmente (Asche *et al.*, 1989a, b).

FIGURA 10.3

Vellosidades del intestino delgado tras la administración de una dieta con un elevado contenido de harina de soja (imagen de la izquierda) o de una dieta a base de leche durante dos semanas después del destete (imagen de la derecha).



Necesidades nutricionales del cerdo destetado

Energía

El cerdo destetado simplemente no come el pienso suficiente para maximizar su potencial de deposición proteica. Por tanto, cualquier incremento en la ingesta de alimento (energía) tendrá como resultado un incremento adicional del índice de crecimiento, siempre y cuando se mantenga la relación entre calorías y nutrientes adecuados. Con el fin de maximizar la ingesta de energía, los ingredientes deben ser de alta palatabilidad para estimular el consumo de pienso, de alta digestibilidad y deben contener una elevada concentración de energía neta. A la hora de seleccionar las fuentes energéticas y proteicas, se debe examinar con atención su impacto sobre el consumo de alimento. En este capítulo se van a tratar los ingredientes del pienso por separado, junto con la importancia de las decisiones de manejo para incrementar el consumo de alimento.

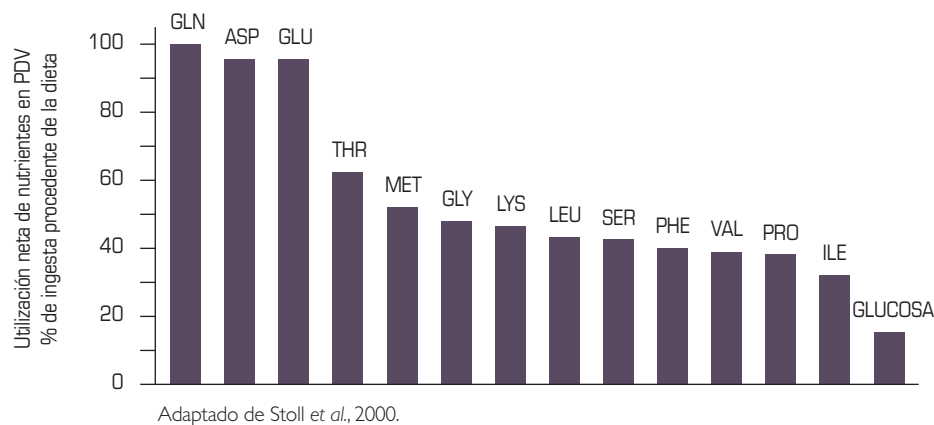
Aminoácidos

Debido a la profunda mejora de nuestro conocimiento referente a las necesidades ambientales de los cerdos destetados así como a las prácticas de manejo y de flujo de animales que consiguen minimizar la exposición a los antígenos



FIGURA 11.4

Modificaciones en el tejido enriquecido con el isótopo ²H-leucina del yeyuno proximal y del íleon distal en lechones recién nacidos alimentados con diferentes proporciones de su ingesta total de nutrientes mediante la vía enteral en comparación a la vía parenteral. Los lechones de siete días de edad fueron alimentados con una dieta básica tanto por vía intragástrica como por vía intravenosa durante los siete días y después se les administró ²H-leucina por vía intravenosa antes de la toma de muestras.



apropiado para el crecimiento intestinal, los enterocitos de las vellosidades no dependen estrictamente de los nutrientes lumbinales sino que tienen la capacidad de extraer los nutrientes suficientes de la circulación arterial para asegurar su supervivencia. Se han realizado más estudios que emplean de forma simultánea el marcado con isótopos lumbinales y sistémicos, combinándolo con el aislamiento de criptas y de enterocitos de las vellosidades, y así garantizan el modo en el que el estadio de diferenciación y la localización espacial afectan a la fuente de nutrientes de las células epiteliales.

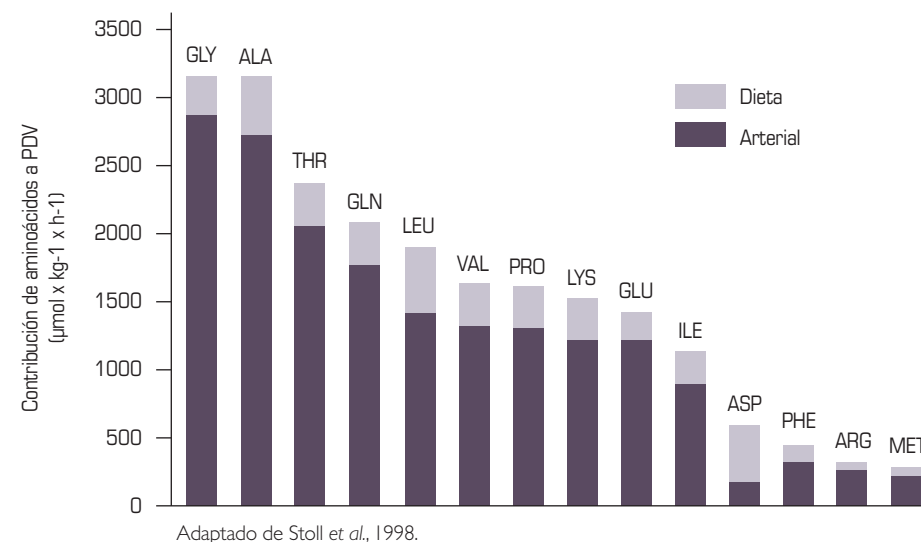
Principales fuentes de combustión oxidativa Glutamina, glutamato y aspartato

Una parte importante de los nutrientes de la dieta son metabolizados por los tejidos gastrointestinales ya que su índice metabólico es relativamente elevado. Sin embargo, la pauta de utilización de los nutrientes por parte de los tejidos PDV no es uniforme y hay preferencia por la metabolización de ciertos nutrientes. Hay varios estudios realizados en cerdos que demuestran que en los tejidos PDV hay una utilización considerable de la glutamina, el glutamato y el aspartato de la dieta (Reeds et al., 1996; Rerat et al., 1992; Van der Muelen et al., 1997; Stoll et al., 1998; Reeds et al., 2000). Los resultados obtenidos en lechones jóvenes alimentados con una fórmula a base de leche y de alto contenido proteico indican que el intestino utiliza más de un 95% de la glutamina, el glutamato y el aspartato de la dieta (figura 11.5) (Stoll et al., 1998). Estos resultados concuerdan con los numerosos estudios

de Windmueller y Spaeth (1974, 1975, 1976, 1978, 1980), que fueron los primeros que demostraron el amplio metabolismo de estos tres sustratos *in situ*, mediante perfusiones intestinales en ratas en ayuno y anestesiadas. Desde entonces, estos trabajos han generado literalmente cientos de estudios que han tendido a centrarse en el papel de la glutamina como la mayor fuente de combustión oxidativa en el intestino, aunque hay que puntualizar que tanto el glutamato como el aspartato es posible que tengan la misma importancia como fuentes de combustión intestinales. Hay estudios recientes realizados en el hombre y en cerdos jóvenes que confirman la intensa oxidación intestinal que sufren el glutamato y la glutamina de la dieta, marcados con ¹³C (Battezzati et al., 1995; Stoll et al., 1999a; Haisch et al., 2000).

FIGURA 11.5

Índices de utilización neta de nutrientes en los PDV de lechones jóvenes. La obtención de nutrientes de la dieta se basaba en la ingestión de un reemplazante de a leche de la cerda, suministrado a razón de 12 g proteína/kg y día.



El metabolismo de la glutamina se lleva a cabo en primer lugar por un proceso de catálisis mediante las enzimas glutaminasa fosfato-dependiente y seguidamente por la glutamato deshidrogenasa (GDH), las cuales se encuentran en el estómago, el intestino delgado y el colon del cerdo joven (Majej et al., 1999). Es interesante el hecho de que la actividad de la GDH en el intestino delgado aumenta cerca de tres veces después del destete. El cetoadido resultante de la acción de la GDH es el α-cetoglutarato, que después es metabolizado por la ruta del ciclo del ácido tricarbóxico para producir CO₂.



efectos tróficos de los LC-PUFA n-3 y de otros LCFA sobre animales en desarrollo es escasa. Sin embargo, una serie de estudios realizados por Vanderhoof *et al.* (Vanderhoof *et al.*, 1984; Vanderhoof *et al.*, 1994; Kollman *et al.*, 1999) han demostrado que los LC-PUFA n-3 mejoran la adaptación intestinal después de una resección del intestino delgado y que sus efectos eran bastante mejores que los de los aceites menos saturados; también observaron que los triglicéridos de cadena media tenían un menor efecto trófico que los triglicéridos de cadena larga. Otro LC-PUFA interesante es el isómero del ácido linoleico n-6, el ácido linoleico conjugado (CLA), que se ha observado que aumenta la deposición de tejido magro en el cerdo (Ostrowska *et al.*, 1999; Bassanganya-Riera *et al.*, 2001a). Se desconoce el impacto del CLA sobre el intestino del cerdo destetado, aunque sí se ha demostrado que aumenta la apoptosis de los colonocitos (Park *et al.*, 2001) y mejora la función citotóxica de los linfocitos (Bassanganya-Riera *et al.*, 2001b).

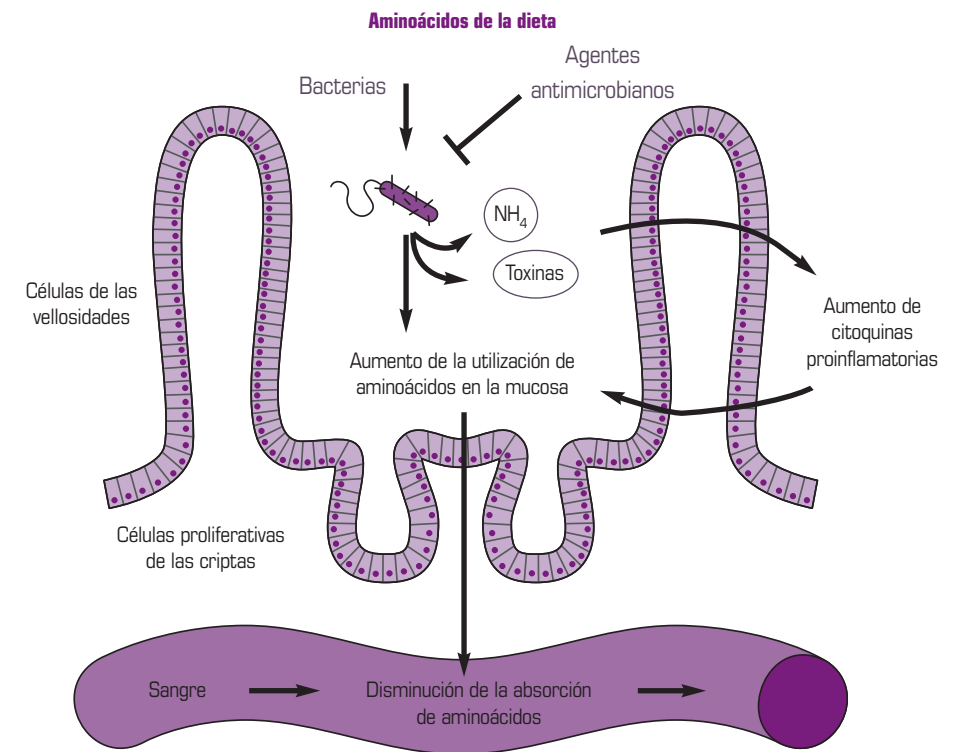
Los nucleótidos son compuestos intracelulares ubicuos y de bajo peso molecular que forman parte de numerosos procesos bioquímicos y tienen una importancia particular como precursores en la síntesis de ácidos nucleicos en las células de división rápida, tales como las células epiteliales y linfoides de la mucosa (Cosgrove, 1998). Los nucleótidos están constituidos por una base púrica o pirimidínica, las cuales pueden ser sintetizadas *de novo* en las células a partir de precursores como la glutamina, el ácido aspártico, la glicina, el formato y el dióxido de carbono o bien, pueden ser recuperados de la degradación de los ácidos nucleicos y los nucleótidos. Todavía no está clara la importancia relativa que tiene la ruta de nueva síntesis frente a la ruta de la recuperación en los requerimientos intestinales de nucleótidos, aunque la evidencia indica que es necesaria la presencia de fuentes de bases púricas y pirimidínicas en la dieta (Uauy *et al.*, 1994; Boza *et al.*, 1996). Hay numerosos estudios donde se ha demostrado que la suplementación de la dieta con nucleósidos, nucleótidos o con ácidos nucleicos mantiene la función inmunitaria de la mucosa, el crecimiento y la morfología del intestino delgado, tanto *in vivo* como *in vitro* (Uauy *et al.*, 1994; López-Navarro *et al.*, 1996; Cosgrove, 1998; Carver, 1999).

Impacto de los agentes antimicrobianos y la infección

Un factor crítico que influye sobre el crecimiento del cerdo destetado es el grado de infestación con microbios patógenos. Estudios realizados con animales en crecimiento indican que la exposición a esos organismos y a sus toxinas puede afectar negativamente a la estructura y a la funcionalidad intestinales (figura 11.7) (Von Allmen *et al.*, 1992; Higashiguchi *et al.*, 1994; Breuille *et al.*, 1998; Wang *et al.*, 1998; Mack *et al.*, 1999). Los estudios demuestran que los estímulos proinflamatorios inducidos por las bacterias, las endotoxinas y las citoquinas aumentan de forma significativa el índice de síntesis proteica en el intestino. Hay un trabajo reciente realizado en ovejas que

FIGURA 11.7

Ilustración esquemática de la relación existente entre el metabolismo intestinal de los aminoácidos y las bacterias luminales.



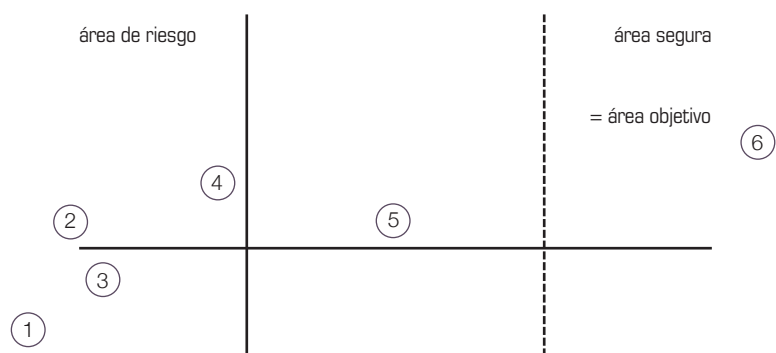
demostraba que la infestación por parásitos incrementa el índice de utilización y de oxidación de la leucina en los tejidos PDV, con lo que la disponibilidad sistémica de los aminoácidos de la dieta se veía reducida en un 20-30% (Yu *et al.*, 2000). Además, la mayor parte de la leucina utilizada por los tejidos PDV se oxidaba o se perdía como secreción proteica endógena; en conjunto, estas pérdidas representan la mayor parte de la reducción en la retención de nitrógeno asociada a la infección (Yu *et al.*, 2000). Por lo tanto, es probable que la infección entérica aumente los requerimientos de nutrientes intestinales, lo que a su vez limita la disponibilidad de los nutrientes de la dieta para el crecimiento del cerdo destetado. Esto plantea dos cuestiones críticas para los estudios futuros: 1) ¿Cómo altera la infección la pauta de utilización de los nutrientes intestinales? y, 2) ¿Cuáles son los nutrientes claves que pueden llegar a ser limitantes tanto para la funcionalidad intestinal como para el crecimiento total del organismo en cerdos que padecen infecciones? Es probable que la treonina sea un nutriente clave en esas condiciones, dada su importancia en el metabolismo intestinal y porque es uno de los primeros aminoácidos limitantes para el crecimiento en el ganado porcino.



En la práctica es difícil alcanzar esta situación, aunque se obtienen buenos resultados antes de llegar a esta etapa ideal. Todo esto indica que debido a que la naturaleza de la diarrea posdestete es multifactorial, la reducción simultánea de los factores de riesgo asociados al alojamiento y al manejo es necesaria para mejorar la salud del cerdo.

FIGURA 12.3

Ilustración en diagrama de los esfuerzos multifactoriales necesarios para reducir los trastornos digestivos posdestete



Simulación basada en el mapa de análisis de correspondencia descrito por Madec et al., 1998.

Los diferentes perfiles de granja¹

| Factores de riesgo | I: inicial | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 ² |
|--------------------------------|------------|---|---|---|---|---|----------------|
| Higiene | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 |
| Calidad aire | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Consumo pienso iniciación | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 |
| Consumo alimento 1ª semana PD | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 |
| Edad al destete | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Mano obra/cerda | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Enfermedades respiratorias | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Estado sanitario global granja | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |

¹ Las categorías de factores de riesgo con niveles que oscilan entre el 1 y el 4 (es decir, el consumo de pienso de iniciación <190 g/cerdo durante la semana anterior al destete corresponde al nivel 1; el nivel 4 corresponde a un consumo de pienso de iniciación >490 g/cerdo). Las enfermedades respiratorias se ha supuesto que permanecen sin modificaciones en las seis simulaciones.

² El perfil 6 del lado derecho de la tabla corresponde al nivel de menos riesgo para todos los factores de riesgo.

Conclusiones

El periodo siguiente al destete realizado entre las 3 y las 4 semanas de edad se caracteriza por rápidas modificaciones de los requerimientos ambientales del lechón, originadas por los cambios en la ingesta de alimento, en el metabolismo y en el aislamiento térmico de los tejidos. Durante los primeros 10-14 días posteriores al destete, las condiciones climáticas son muy importantes para conseguir con éxito el destete y se recomienda una temperatura ambiente estable de 26-28 °C para los lechones mantenidos en corrales con suelos perforados. Una vez que ya se haya establecido un consumo de pienso regular, se puede disminuir gradualmente la temperatura ambiente a razón de 2-3 °C por semana hasta que se alcance la temperatura de los alojamientos de cebo. Se han valorado los efectos de la estructura del corral, incluyendo los materiales del suelo, los comederos y bebederos, así como de la densidad de animales y del tamaño del grupo sobre la productividad. Finalmente se han considerado los efectos de las condiciones climáticas y de higiene y del manejo en las salas de transición sobre la aparición de los trastornos digestivos. Se ha sugerido que la prevención de enfermedades debería ser dirigida hacia la provisión de perfiles zootécnicos que reduzcan los factores de riesgo. Si se presta atención a una higiene óptima, al consumo de alimento inmediatamente después del destete, al movimiento estratégico de animales, al ambiente térmico y a la calidad del aire, todo ello contribuirá a reducir el riesgo de enfermedad.

Bibliografía

Amstrong, W.D. and T.R. Cline, 1977. Effect of various nutrient levels and environmental temperatures on the incidence of coli bacillary diarrhea in pigs: Intestinal fistulisation and titration studies. *Journal of Animal Science* 45, 10421-1050.

Baxter, S.H., 1989. Designing the pig pen. In: J.L. Barnett and D.P. Hennessy (editors), *Manipulating Pig Production II*. Australasian Pig Science Association, Werribee, Australia, pp. 191-206.

Bears, W.H., R.R. Hacker and T.R. Batra, 1974. Some effects of complete darkness on young piglets. *Journal of Animal Science* 39, 153 (Abstr.).

Beers-Scheurs, van H.M.G., L. Vellenga, Th. Wensing and H.J. Breukink, 1992. The pathogenesis of the post-weaning syndrome in weaned piglets. A review. *Veterinary Quarterly* 14, 29-34.

Blecha, F. and K.W. Kelley, 1981. Effects of cold and weaning stressors on the antibody-mediated immune response of pigs. *Journal of Animal Science* 56, 396-400.

Boedicker, J.J., L.D. Jacobson, J.W. Rust and J.M. Roach, 1984. Animal performance and environment related effects of ventilation rate and temperature for a swine nursery. *ASAE Paper N° 84-504*. ASAE, St Joseph, MI.

Bonnette, J.J., E.T. Kornegay, M.D. Lindeman and C. Hammerberg, 1990. Hormonal and cell-mediated immune response and performance of weaned pigs fed four supplemental vitamin E and housed at two nursery temperatures. *Journal of Animal Science* 68, 1337-1345.

Bresk, B. and J. Stolpe, 1988. Effect of high and medium relative humidities on live weight gain of weaned piglets exposed to different temperatures. *Monatshfte für Veterinärmedizin* 48, 191-193.