

**PATÓGENOS EMERGENTES EN LA
LÍNEA DE SACRIFICIO DE PORCINO**
FUNDAMENTOS DE SEGURIDAD
ALIMENTARIA

José A. Sánchez Rodríguez
Salud Serrano Jiménez
Rocío Marfil Navarro
Manuela L. Jodral Villarejo

**PATÓGENOS EMERGENTES EN LA
LÍNEA DE SACRIFICIO DE
PORCINO**

**FUNDAMENTOS DE SEGURIDAD
ALIMENTARIA**



Prólogo

El prólogo de un libro es la invitación a su lectura que nos hace alguien con autoridad en el tema con el objetivo fundamental de animar a seguir con el resto. Ciertamente, se trata de una responsabilidad considerable, mucho más cuando, como en este caso, hay una limitación para hacerlo en sólo un par de páginas o tres. En este caso, las ideas que se viertan deben ser claras y contundentes, no queda espacio para las florituras. Hay que recurrir a aquello de que «lo bueno si breve»...

Cuando se recibe una invitación para prologar un libro, es porque existen al menos una de dos razones fundamentales: o eres alguien con mucha experiencia a las espaldas (léase que tienes una edad avanzada) o eres un experto reconocido en el tema del libro. En este caso, cabría pensar que ambas razones están detrás de esta petición. Afortunadamente, después de 40 años de profesor en activo, recientemente he pasado a la categoría de «profesor honorífico» y es ciertamente gratificante que a las personas «retiradas» (pero que seguimos muy vivas) se nos requiera para dejar constancia de nuestra existencia. Además, el tema abordado en este libro no me es del todo extraño. Siendo profesor del área de Tecnología de Alimentos estuve interesado desde sus inicios, allá en 1976, por el sistema HACCP. Hace algunos años (1996), ante los cambios que se preveían en los procedimientos de aseguramiento sanitario, tuve la gran oportunidad de redactar el *Manual del sistema HACCP (Análisis de Riesgos y Puntos Críticos) para las industrias alimentarias andaluzas*, una pequeña obrita de la que me siento particularmente satisfecho.

Pero además caben otras razones para ser prologuista, no de menor trascendencia, como son la amistad con los autores, la afinidad ideológica o los contactos previos con la obra prologada. Y en este caso, no casualmente, también concurren todas estas razones; los autores de la presente obra son todos buenos amigos y todos fue-



ron en su momento mis alumnos (es decir, todos son mucho más jóvenes que yo); todos mantenemos una considerable afinidad en el reconocimiento de la importante trascendencia sanitaria de la labor de los veterinarios en su faceta de funcionarios de Salud Pública; y, además, tuve la reconfortante ocasión de formar parte del tribunal que juzgó la Tesis Doctoral del autor, que ha sido la base del presente trabajo y que obtuvo, obviamente, la máxima calificación.

La consideración más importante que cabe hacer sobre este libro es la oportunidad de ocuparse de un tema de absoluta actualidad: la implantación del sistema de Análisis de Peligros Sanitarios y Control de los Puntos Críticos, APPCC (derivado del original norteamericano HACCP) en nuestras industrias, en particular en las industrias cárnicas, y muy especialmente en las industrias porcinas. En ellas pueden hacer su aparición, con un considerable riesgo para la salud de los consumidores, una serie de microorganismos patógenos poco estimados hasta el momento en ese entorno, y que han sido denominados «patógenos emergentes». Sus características de presencia y crecimiento son importantes condicionantes a conocer y tener en cuenta para poder realizar adecuadamente el necesario control higiénico-sanitario. Tanto más cuando dicho control hay que realizarlo mediante este nuevo «sistema de puntos críticos», que ha supuesto ciertamente una revolución en el panorama sanitario de la seguridad alimentaria.

La implantación en las industrias del nuevo sistema exige un cambio radical del pensamiento tradicional de la inspección veterinaria, que estaba basada en el «control de producto». En el pasado reciente (tan reciente como que muchos de los inspectores aún no son conscientes del cambio) el inspector sanitario, un puesto oficial de la Administración, garantizaba, tras la inspección, que las canales y las carnes eran «aptas para el consumo» (el inspector era el responsable primario y único de esta actividad). La labor de control se efectuaba mediante la comprobación de que estos productos del matadero se adecuaban a las expectativas, existiendo la posibilidad de obrar en consecuencia, liberándolos al consumo o decomisándolos. Es decir, en términos básicos se ejercía el control, comprobando las previsiones y corrigiendo las desviaciones (una desviación es lo que no está de acuerdo con lo previsto) en el producto final.

Por su parte, el sistema APPCC se basa en el «control de procesos». En este caso la labor de control del técnico responsable se realiza sobre los procesos (actividades o etapas en la transformación de una «materia prima» en un «producto»). La filosofía del sistema APPCC es realmente simple y se puede resumir en que: «lo que se hace bien, sale bien». El técnico, en este caso, tiene que comprobar que las condiciones de estos procesos (o procedimientos) se ajustan a las previsiones establecidas, y en caso contrario debe corregir estas «desviaciones», para el correcto funcionamiento del

proceso. Después de esta actuación, determinará dar su beneplácito, o fijar el destino alternativo de los productos afectados, reprocesado o decomiso. Su responsabilidad sobre la calidad higiénica final del producto vendrá determinada por garantizar y asegurar que el sistema funciona, que está bajo control.

Adicionalmente, la normativa actual establece el «autocontrol», que supone que los responsables del aseguramiento sanitario pasan a ser los propios industriales (o más propiamente, los técnicos contratados por las industrias para esta labor, que son los que pagan por sus errores). El técnico oficial de la Administración tendrá que comprobar que esta actividad se está haciendo como debe ser, mediante las correspondientes auditorías.

Hay que reconocer que la implantación de cualquier nuevo sistema de trabajo siempre encuentra dificultades. Las principales se derivan de cambiar la mentalidad de los profesionales encargados de llevar a cabo dicha labor. Si algo se ha venido realizando durante mucho tiempo de una determinada manera y se tiene que hacer de otra, normalmente suele resultar bastante duro aceptarlo y suele presentarse una cierta resistencia por parte de los que «ya saben muy bien cómo hacerlo, porque llevan mucho tiempo haciéndolo», claro, de la otra manera. Esta resistencia suele ser directamente proporcional a la duración de la experiencia profesional en el sistema a sustituir.

Por esta razón, porque este prologuista es plenamente consciente de las dificultades que la implantación del nuevo sistema de Análisis de los Peligros Sanitarios y Control de los Puntos Críticos, hay que dar la bienvenida a libros como este que tú, lector, tienes ahora en tus manos.

Estoy seguro de que después de estudiarlo, habrás conseguido familiarizarte con conceptos tan importantes como «punto crítico», «especificación», «límite crítico», «medida preventiva» o «verificación». Estarás convencido de la importancia real de los «obstáculos» que los técnicos utilizamos para evitar el desarrollo microbiano y de la eficacia que tienen los procedimientos de control de los procesos en el aseguramiento sanitario.

Ciertamente, el texto que vas a leer a continuación es una aportación muy significativa al mejor conocimiento de los nuevos peligros sanitarios que representan los patógenos emergentes, con una documentación prácticamente exhaustiva sobre dicho tema, al tiempo que se resalta el nuevo tratamiento que hay que otorgar a los procesos dentro de la normativa actual, incidiendo en la trascendencia profesional de la adaptación a los nuevos procedimientos de aseguramiento sanitario que implican la implantación del sistema de análisis de los peligros sanitarios y el control de los puntos críticos.

X  Patógenos emergentes en la línea de sacrificio porcino: fundamentos...

Únicamente reiterar mi ánimo al lector a entrar con ilusión y entusiasmo (los dos ingredientes básicos de cualquier actividad) en las que siguen y agradecer a los autores el que se hayan acordado de mí para hacer esta introducción al libro.

FRANCISCO LEÓN CRESPO, VETERINARIO
Profesor Honorífico
Departamento de Bromatología y Tecnología de Alimentos
Universidad de Córdoba

Índice

Prólogo	VII
Siglas y acrónimos	XIII
1. Carnización del ganado porcino. Efectos sobre los microorganismos	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Etapas para la obtención de la carne de cerdo	2
1.3. Metabolismo <i>post-mortem</i>	21
2. Control sanitario	27
3. Introducción a la microbiología de la carne	33
4. <i>Listeria monocytogenes</i>	39
4.1. Características generales.....	39
4.2. Factores que afectan al crecimiento y supervivencia.....	40
4.3. Epidemiología.....	42
4.4. Clínica.....	51
4.5. Control	53
5. <i>Salmonella spp</i>	55
5.1. Características generales.....	55
5.2. Factores que afectan al crecimiento y supervivencia.....	57
5.3. Epidemiología.....	59
5.4. Clínica.....	66
5.5. Control	67

6. <i>Campylobacter spp</i>	71
6.1. Características generales.....	71
6.2. Factores que afectan al crecimiento y supervivencia.....	72
6.3. Epidemiología.....	73
6.4. Clínica.....	77
6.5. Control.....	79
7. <i>Escherichia coli</i> enterohemorrágico serotipo O157:H7	81
7.1. Características generales.....	81
7.2. Factores que afectan al crecimiento y supervivencia.....	83
7.3. Epidemiología.....	84
7.4. Clínica.....	88
7.5. Control.....	89
8. <i>Yersinia enterocolitica</i>	91
8.1. Características generales.....	91
8.2. Factores que afectan al crecimiento y supervivencia.....	94
8.3. Epidemiología.....	96
8.4. Clínica.....	101
8.5. Control.....	103
9. Introducción a la seguridad alimentaria	105
10. Sistema de Autocontrol	111
10.1. Introducción.....	111
10.2. Beneficios, dificultades y costes de un sistema de autocontrol.....	114
10.3. Requisitos previos.....	117
10.4. Plan APPCC.....	123
11. Otros instrumentos de Seguridad Alimentaria	161
11.1. Protocolos IFS, BRC, ISO 22000 y DS3027E.....	161
11.2. Análisis del riesgo.....	164
11.3. Introducción de elementos cuantitativos en el plan APPCC.....	170
11.4. Objetivos de Seguridad Alimentaria	175
BIBLIOGRAFÍA	181

Siglas y acrónimos

- **APPCC o HACCP:** Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico.
- **BPH:** Buenas Prácticas de Higiene.
- **BRC:** *British Retail Consortium*.
- **CE:** Comunidad Europea.
- **CEP:** Control estadístico de procesos.
- **Cp:** Índice de capacidad.
- **Cpk:** Índice de capacidad real continua del proceso.
- **CTR:** Línea central.
- **D₆₀:** Tiempo de reducción decimal o tiempo que se necesita para destruir el 90% de la población microbiana a una temperatura de 60°C.
- **DFD:** Oscuras, duras y secas.
- **EE UU:** Estados Unidos de América.
- **EHEC o ECEH:** *E. coli* enterohemorrágico.
- **EIEC:** *E. coli* enteroinvasor.
- **EPEC:** *E. coli* enteropatógeno.
- **ETEC:** *E. coli* enterotoxigénico.
- **FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- **FDA:** *Food and Drugs Administration*.
- **FMEA o AMFE:** Análisis de Fallos, Modos y Efectos.
- **FSIS:** Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria de los Estados Unidos.
- **GMP:** Buenas Prácticas de Fabricación.
- **GBS:** Síndrome de Guillain-Barré.
- **GOSP:** Guía de Origen y Sanidad Pecuaria.
- **HAS:** Sistema de Evaluación de la Higiene.

- **ICMSF:** Comisión Internacional para Especificaciones Microbiológicas de Alimentos.
- **ID₁₀:** Dosis que causa enfermedad al 10% de la población.
- **IFS:** *Internacional Food Standard*.
- **ISO:** Organización Internacional de Estandarización.
- **L+D:** Limpieza y desinfección.
- **LCL:** Límite de control inferior.
- **LPS:** Lipopolisacárido.
- **LTI:** Límite de tolerancia inferior.
- **LTS:** Límite de tolerancia superior.
- **NACMCF:** Comité Consultivo Nacional sobre Criterios Microbiológicos para Alimentos.
- **NAP:** Nivel adecuado de protección.
- **OIA:** Objetivo de inocuidad o seguridad alimentaria.
- **OMG:** Organismo modificado genéticamente.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **PC:** Punto de control.
- **PCC:** Puntos de control crítico.
- **PGH:** Planes generales de higiene.
- **PSE:** Pálidos, blandos y exudativos.
- **PTT:** Púrpura trombocitopénica trombótica.
- **RACCP:** *Risk assessment and critical control point*.
- **R.D.:** Real Decreto.
- **SSOP:** Procedimientos operativos estandarizados de sanitización.
- **SUH o SHU:** Síndrome urémico hemolítico.
- **UCL:** Límite de control superior.
- **UE:** Unión Europea.
- **ufc:** Unidades formadoras de colonias.
- **USDA:** Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- **USL:** Límite superior de aceptabilidad.
- **UV:** Ultravioleta.
- **VTEC:** *E. coli* verotoxigénico.

1

Carnización del ganado porcino. Efectos sobre los microorganismos

1.1. INTRODUCCIÓN

El sacrificio de los animales con la finalidad de obtener carne como alimento para el hombre se remonta a los tiempos prehistóricos. A lo largo de la historia la obtención de carne como alimento ha tenido una gran importancia para las civilizaciones. Con anterioridad al año 300 antes de Cristo, los romanos sacrificaban los animales al aire libre. Posteriormente al año 300, dichos sacrificios se realizaron en los primeros mataderos públicos (*macellum*) dictándose normas sobre la edad de los animales para la matanza, la carnización de estos y la elaboración de productos cárnicos, siendo los ediles (*aedilus curulus*) los responsables de vigilar el sacrificio y la venta de la carne. En el año 1276 se sentaron las bases de los primeros mataderos públicos. Así, en España en el año 1491 se dispone uno en la ciudad de Córdoba y en 1502 otro en Madrid. En Sevilla aparece, en el año 1601, un reglamento de mataderos en el que se dictan normas para llevar la administración y el gobierno de este tipo de establecimientos y la forma de pesar las reses, señalando que las enfermedades tenían que separarse. En esta época eran los denominados «fieles o veedores» los que realizaban las inspecciones en el matadero y llevaban a cabo los decomisos como representantes de la autoridad municipal. A finales del siglo XIX, se introducen grandes avances tecnológicos en los mataderos, como el sistema de transporte vertical de las canales, estableciéndose en España a partir de una disposición, el Reglamento para la Inspección de Carnes en las Provincias, en cuyo artículo 2º se asigna a la Profesión Veterinaria la inspección de la carne en mataderos. En el siglo XX y como consecuencia de la concentración de los sacrificios en grandes establecimientos, se inició la industrialización de la obtención de la carne, dando lugar a los mataderos industriales^(259,362).



El matadero, en su concepto actual, se refiere en concreto al lugar de producción de carnes refrigeradas y congeladas, en el que se convierte el músculo del animal en carne comercial⁽³⁹¹⁾.

Los textos legales definen matadero como «todo establecimiento o instalación utilizado para el sacrificio industrial de solípedos, rumiantes, cerdos, conejos y aves, incluidas las instalaciones para la estabulación y conducción de estos»⁽³⁷¹⁾, o como «el establecimiento donde se sacrifican y faenan animales cuya carne está destinada al consumo humano»⁽³⁷⁹⁾.

A este proceso de conversión del músculo del animal en carne se le conoce como *carnización*⁽³⁶²⁾.

Carne se define como «todas las partes aptas para el consumo humano de animales domésticos de las especies bovina (incluidas las especies *Bubalus bubalis* y *Bison bison*), porcina, ovina y caprina, así como de solípedos domésticos»⁽³⁷⁰⁾.

La carne de cerdo presenta unas características físico-químicas y de composición diferentes al resto de especies, las cuales se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Composición de la carne de cerdo.

Pieza	Agua (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)
Paleta	74,9	19,5	4,7	1,1
Solomillo	75,3	21,1	2,4	1,2
Chuleta	54,5	15,2	29,4	0,8
Jamón	75,0	20,2	3,6	1,1
Panceta	40,0	11,2	48,2	0,6
Otros parámetros:				
pH: 5,5 – 5,8				
Actividad agua: 0,98-0,99				

Fuentes: Fennema, 1992; Ordoñez *et al.*, 1998; ICMSF, 2001.

1.2. ETAPAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CARNE DE CERDO

La unidad comercial de la carne de cerdo es la media canal, que se define como «cada una de las dos partes resultantes del cuerpo del animal sacrificado, sangrado, eviscerado y depilado, con o sin cabeza y con extremidades, partido longitudinalmente por la línea media de la columna vertebral, desprovista de ge-

nitales, grasa pelviana, médula espinal y pezuñas, con la cola cargada en la media canal izquierda y que ha sido sometida a la acción del frío industrial en condiciones adecuadas para conseguir que la temperatura en el centro de las masas musculares sea inferior a $+7^{\circ}\text{C}$ y ligeramente superior a la de congelación de los líquidos tisulares. De acompañar la cabeza, ésta iría cargada en la media canal izquierda, separándose de la media canal derecha como una semicanal sin cabeza. En caso de separación de la cabeza, ésta se cortará entre el hueso occipital y la primera vértebra cervical (atlas), perpendicular al eje del animal, quedando prácticamente la papada incorporada a la cabeza»⁽²⁸⁶⁾.

Las etapas para obtener la unidad comercial serían: transporte del animal de la granja al matadero, recepción del animal vivo, estabulación y reposo, sacrificio (aturdido y sangrado), escaldado, depilado, eviscerado, esquinado, duchado, enfriamiento inmediato y almacenado^(54, 73, 159, 223, 307, 352, 355, 362, 385, 391).

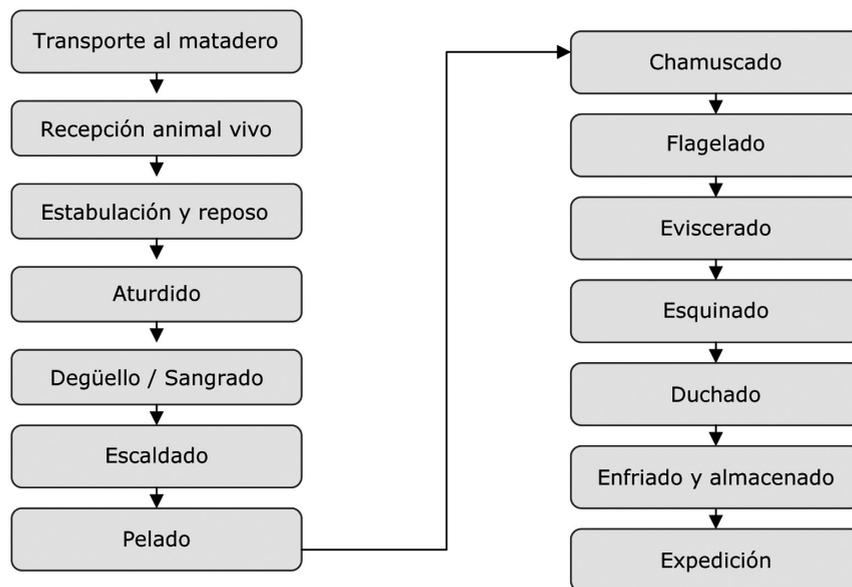
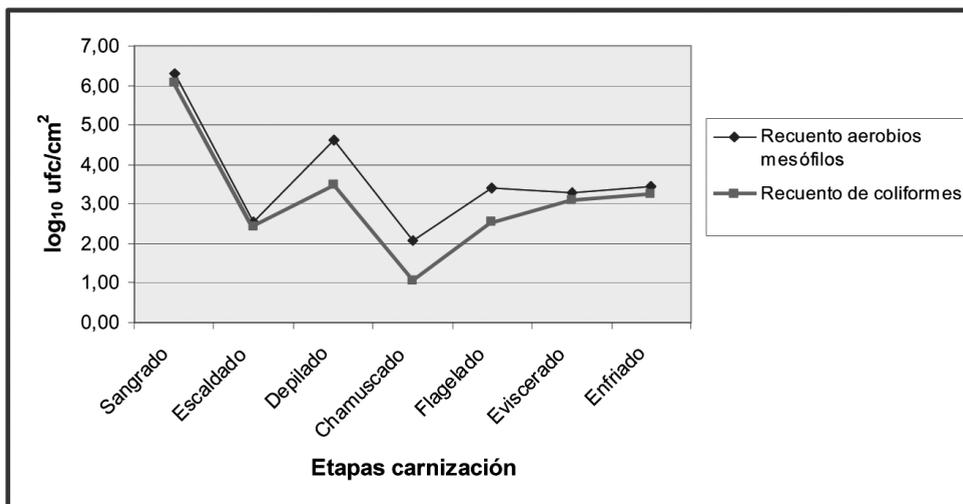


Figura 1.1. Diagrama de flujo del proceso de carnización.

Las diferentes etapas del proceso de carnización producen de manera inevitable una contaminación microbiana de la superficie del animal⁽⁹⁴⁾ causando inadvertidamente transferencia de bacterias desde la piel, intestino, equipos o personas a la superficie de la canal⁽⁸³⁾. Dichos cambios microbianos pueden quedar reflejados en $4-5 \log_{10} \text{ufc/cm}^2$ en el recuento de aerobios mesófilos^(50, 355).



Nota: Los valores representados se han obtenido a partir de la media de los valores logarítmicos individuales de los puntos de muestreo (jamón, vientre y cuello) obtenidos por el autor para cada una de la etapa del proceso.

Figura 1.2. Recuentos de aerobios mesófilos y coliformes en las diversas etapas del proceso de carnización⁽³⁵⁵⁾.

La automatización de las diferentes operaciones del proceso de carnización están teniendo cada vez una mayor importancia; se debe principalmente a los altos requerimientos microbiológicos, junto con la necesidad de aumentar el periodo de vida útil de los productos cárnicos. Una de las ventajas de esta automatización es la reducción de una forma importante del riesgo de contaminaciones cruzadas, ya que en los procesos automáticos se produce una limpieza y desinfección eficaz de los equipos y útiles entre diferentes canales⁽²⁸¹⁾.

1.2.1. Transporte del animal de la granja al matadero

El transporte de los animales comprende, en su sentido más amplio, la carga del animal en el vehículo (camiones y/o remolques), el traslado hasta el matadero y la descarga⁽³⁶²⁾.

Del total de animales que se transportan dentro de la UE, el 95% se realiza por carretera debido a la flexibilidad y adaptación que posee esta modalidad de transporte, asociada a las buenas infraestructuras de comunicación y su buena relación calidad-precio en comparación con otros medios⁽²³⁹⁾.

Esta etapa no sólo supone una excitación de los animales, dando lugar a una caída de sus defensas fisiológicas (estrés), sino también a heridas y casos de muerte, aconsejando temperaturas de transporte comprendidas entre los 10 y 15°C^(216, 352, 362).

Entre los agentes estresantes a los que se ven sometidos los animales durante el transporte destacan los traumatismos físicos, los ruidos, la luz, el calor, la humedad, el frío, el viento, el miedo y, en general, todo estímulo que desencadene una respuesta adaptativa anormal del organismo⁽³⁰²⁾.

Los cambios fisiológicos asociados al estrés del transporte pueden estimular el recrudecimiento de portadores latentes o incrementar la susceptibilidad a nuevas infecciones⁽²⁴⁵⁾.

Entre las enfermedades del transporte destacan las hemorragias musculares, el eritema del transporte y la salmonelosis⁽²⁸¹⁾.

La tasa de mortalidad de los cerdos durante al transporte al matadero es del 0,07%⁽²²⁴⁾ siendo la principal causa de muerte la asfixia⁽³⁰²⁾.

Durante esta etapa se han de evitar golpes, pinchazos o procedimientos análogos⁽³⁶²⁾.

El transporte puede realizarse en vehículos acondicionados o no (trayectos inferiores a 50 km)⁽³⁷³⁾.

Si se realiza en vehículos no acondicionados, cada periodo de transporte no puede superar las ocho horas, mientras que si se realizan en vehículos debidamente acondicionados¹ el tiempo máximo será de 24 horas si se dispone de agua durante el viaje, pudiéndose incrementar en dos horas más si con ello se consigue alcanzar el punto de destino y finalizar por tanto el viaje. En caso de no ser así, los animales deberán ser descargados y permanecer descansando un mínimo de 24 horas, durante las cuales se les suministrarán agua y el alimento necesario^(10, 239).

Los animales durante el transporte deben de tener espacio suficiente para permanecer tumbados o en pie en su posición natural todos a la vez, existiendo una densidad de carga que no debe exceder de 235 kg/m² o 0,43 m²/cerdo^(10, 382), pudiéndose incre-

¹ “... hay suficiente yacija en el suelo; hay suficiente forraje, en función de la duración del viaje y de las características de los animales; se puede acceder directamente a los animales para prestarles las debidas atenciones; la ventilación es la adecuada para poder adaptarla a las diferentes temperaturas (interior y exterior) para ello dispondrán de un sistema de ventilación forzada que pueda utilizarse con el vehículo parado o en marcha y que garantice temperaturas entre 5 y 30°C; se puedan crear compartimentos separados mediante paneles móviles; disponer de depósitos de agua para transportar una cantidad suficiente en función de las características de los animales y la duración del viaje, estando conectados a un dispositivo que permita beber agua en el interior del vehículo”^(373, 281).



mentar en un 20% la superficie de suelo en función de la raza, el tamaño, el estado físico de los cerdos, las condiciones meteorológicas y la duración del viaje⁽²³⁹⁾.

Los transportistas deben figurar inscritos en un registro, de manera que la autoridad los identifique, y portarán la documentación necesaria que permita identificar en todo momento los animales, el origen, el propietario, el lugar de salida y de destino, y la fecha y hora de salida^(351, 382); así mismo, los vehículos de transporte previamente a la carga de los animales, han de limpiarse y desinfectarse en un centro de limpieza y desinfección de vehículos dedicados al transporte por carretera de ganado, para minimizar la transmisión de microorganismos patógenos entre grupo de animales transportados^(238, 375).

La COMISIÓN DEL *CODEX ALIMENTARIUS*⁽¹¹²⁾ establece que los animales no deberán cargarse para su transporte al matadero, en las siguientes circunstancias:

- Cuando el nivel de contaminación de la superficie externa del animal pueda poner en peligro la higiene durante la matanza y el faenado y no haya intervenciones adecuadas como el lavado.
- Cuando haya información que sugiera que los animales puedan poner en peligro la producción de carne inocua y apta para el consumo humano (Ejemplo: enfermedades específicas o al suministro reciente de medicamentos).
- Cuando los animales estén estresados o exista la posibilidad de que esto ocurra, y pueda generar un efecto adverso en la inocuidad y aptitud de la carne para el consumo.

Para evitar o reducir la contaminación externa e interna de la canal durante el transporte, Gregory⁽²²⁴⁾ propone cuatro enfoques teóricos que podrían ser usados:

- *Primero:* La contaminación cruzada podría ser reducida orientando, espaciando o confinando los animales de una manera apropiada, evitando que las heces y la orina liberada por los mismos en la planta alta del vehículo de transporte caigan sobre los animales ubicados en la planta inferior.
- *Segundo:* Liberar el contenido intestinal de los animales antes del transporte a través de un ayuno, evitando en éste periodos prolongados que podrían afectar al bienestar animal, pudiéndose combinar laxantes con ayunos más pequeños.
- *Tercero:* Darles un tratamiento apropiado para que reduzca la evacuación del contenido intestinal durante el viaje.
- *Cuarto:* Establecer procedimientos de limpieza del animal, pero se ha demostrado que puede no ser efectivo y que le causa estrés.

1.2.2. Recepción del animal vivo

Tras la llegada de los animales al matadero se procede a la recepción de los mismos, a la comprobación de su estado de salud, de sus condiciones de transporte (origen, circuito, distancia, paradas, vehículo, etc.)⁽⁷³⁾ y de los documentos de acompañamiento (GOSP, informe sobre la cadena alimentaria y certificados de limpieza y desinfección del vehículo de transporte), cotejando dicha documentación con la identificación y número de los animales^(77, 218, 379).

La reglamentación obliga a que todos los animales que lleguen al matadero estén identificados individualmente⁽¹⁹¹⁾.

Dicha identificación consistirá en un crotal auricular o un tatuaje con la secuencia de letras y números siguientes^(372, 374):

- Un máximo de tres dígitos correspondientes al número de municipio de acuerdo con la codificación del Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Las siglas de la provincia.
- Un máximo de siete dígitos que identifique de forma inequívoca la explotación dentro del municipio.

1.2.3. Estabulación y reposo

La finalidad de esta etapa es que los animales reposen durante un tiempo determinado en las instalaciones del matadero para que se recuperen de los efectos negativos del transporte y la descarga⁽²¹⁶⁾.

La descarga y el traslado de los animales a los corrales propicia la producción de lesiones, por tanto hay que evitar asustarlos, maltratarlos y evitar derribos⁽³⁵²⁾.

Las dimensiones de los corrales deben de ser similares a las de las cuadras de engorde, con paredes macizas y agua de bebida y ducha, en la que cada animal disfrute al menos de un espacio de 0,5 m²/cerdo⁽²¹⁶⁾.

Durante esta etapa también se puede producir estrés en los animales como consecuencia del hacinamiento y de la mezcla de animales de diferentes edades, razas, procedencias, etc.^(216, 239).

El estrés puede ser reducido al mínimo instalando aspersores de niebla fina, proporcionando pequeñas cantidades de yacija, evitando el hacinamiento y manteniendo temperaturas ambientales apropiadas⁽²²³⁾.



La aspersión con agua a 13 °C durante un periodo de 10 a 15 minutos produce los siguientes efectos sobre la superficie del animal:

- Reduce la temperatura corporal de la superficie de los cerdos, en un rango de 3 a 4 °C, disminuyendo la tasa de mortalidad al disminuir el riesgo de hipertermia⁽⁹⁹⁾.
- Reduce la presentación de eritemas⁽⁹⁸⁾.
- Produce una limpieza superficial del animal, sin cambios significativos en el recuento de gérmenes aerobios (5 log₁₀ ufc/cm²), reduciendo en un 10% la incidencia de *Salmonella* en su superficie con respecto a la que poseía en granja⁽⁵¹⁾.
- Reduce la contaminación de la línea de sacrificio⁽¹¹⁷⁾ y la contaminación cruzada entre canales⁽¹¹²⁾.
- Reduce la incidencia de carnes anormales (*PSE: Pale, soft and exudative*; pálidas, blandas y exudativas y *DFD: dark, firm and dry*; oscuras, duras y secas)⁽¹¹⁷⁾.

A lo largo de esta etapa se realiza la inspección *ante-mortem* de los animales, por parte de los Servicios Veterinarios Oficiales⁽³⁸⁰⁾ la cual evita el sacrificio de animales de origen desconocido, enfermos, fatigados, sucios y muertos por causas diferentes del sacrificio^(379, 380), pero no puede impedir el sacrificio de los cerdos que albergan en el intestino y en la piel, microorganismos potencialmente patógenos para la especie humana⁽²⁵⁰⁾.

Desde el punto de vista microbiológico es muy importante la limpieza y desinfección de los corrales, ya que con esta medida se puede reducir la contaminación cruzada entre grupos de animales^(47, 54, 444).

Beganovic y Milanovic⁽²⁹⁾ comprobaron que el grado de infección de la carne y de los órganos era reducido de manera significativa en aquellos animales que eran sacrificados después de un descanso en los corrales de 12-15 horas, en comparación con aquellos que eran sacrificados dentro de las tres horas siguientes a su llegada al matadero.

1.2.4. Aturdido

Con esta etapa se pretende que el animal de forma rápida y sin dolor pierda la sensibilidad y la conciencia (protección animal), además de quedar lo más inmobilizado posible (prevención de accidentes) hasta que se produzca su muerte^(252, 362, 371).

Nunca se debe de aplicar el aturdimiento si no es posible el desangrado inmediato⁽³⁹¹⁾.

El método más utilizado actualmente es el aturdimiento eléctrico, en el que dos electrodos (pinzas de aturrido) se colocan en la cabeza de manera que la corriente atraviese el cerebro, provocando un ataque epiléptico que cursa con pérdida de conciencia^(225, 362, 391).

Al ser el aturrido eléctrico un sistema reversible, es importante conocer la duración de la inconsciencia, la cual es independiente del voltaje o de la intensidad aplicada, pero aumenta si la posición de los electrodos es la correcta. En porcino, si el tiempo entre el aturrido y el sangrado es superior a 15 segundos, la posibilidad de que el animal recupere la consciencia aumenta⁽²⁸¹⁾.

Los signos de inconsciencia que se producen en el animal son⁽²²³⁾:

- Desvanecimiento inmediato del animal.
- Ojos abiertos de par en par, sin reflejo corneal.
- Cabeza arqueada hacia atrás.
- Extremidades completamente extendidas hacia atrás después de los primeros estremecimientos, seguidos de relajación de las mismas.
- Sin reacción durante el trabado o durante el degüello.

Los sistemas de aturdimiento eléctrico pueden ser cualquiera de los dos siguientes⁽²²³⁾:

- Voltaje bajo, usando 70, 80 o 90 V/50 Hz durante 7 a 10 segundos (0,5 A).
- Voltaje alto, usando 250 a 350 V/50 Hz durante 2 a 3 segundos (0,75 a 1,5 A) o 600 a 1.000 V durante 1,5 a 2 segundos.

Para asegurar el bienestar de los cerdos, se han de controlar en el sistema de aturdimiento eléctrico una serie de parámetros^(70, 99, 115, 281):

- La conducción de un lote de cerdos debe ser rápida (menos de tres minutos). El número de cerdos que compone cada lote debe estar adaptado a la velocidad de la cadena de sacrificio, evitando la acumulación de cerdos aturridos en el punto de sangrado a fin de prevenir las convulsiones y la recuperación de la consciencia.
- El posicionamiento de los electrodos debe ser verificado todos los días.
- El intervalo de aturdimiento-sangrado debe ser lo más corto posible (inferior a 10-15 segundos).

- Las convulsiones deben producirse en el lugar de sangrado.
- El porcentaje de cerdos correctamente aturdidos debe estar en el 95% (no se admite que el animal recobre la conciencia en el lugar de sangrado).
- Los cerdos deben estar muertos en menos de un minuto después del aturdimiento (no puede haber reacción de los ojos, no puede haber dilatación de la pupila y no puede haber convulsiones en el minuto).
- El amperaje y el voltaje son controlados periódicamente de manera sistemática, realizando calibraciones de los equipos.
- Los electrodos son regularmente cepillados con la ayuda de un cepillo metálico, ya que la suciedad reduce el paso de la intensidad de la corriente a través del cerebro del animal.
- El matadero debe estar equipado de un sistema de aturdimiento de socorro.
- Los cables móviles de aturdimiento deben estar bien mantenidos y la conductividad debe ser verificada regularmente.
- La formación del personal es importante para detectar todas las anomalías y eliminar los errores.

Otro procedimiento muy utilizado en los últimos años en los mataderos de porcino es el aturdimiento mediante la inhalación de CO₂ y aire⁽²³⁹⁾. Dicho gas se acumula en un túnel, al cual accede el animal durante un tiempo escaso, la inspiración del CO₂ por el animal va a provocar la pérdida de conciencia⁽³⁶²⁾.

Este método disminuye la fatiga del animal, reduce su suciedad, reduce la incidencia de la carne PSE, evita las fracturas óseas producidas por el sistema de aturdimiento eléctrico, asegura un degüello más seguro y sanitario, permite la respiración del animal y mejora la sangría^(223, 391).

El uso de pistolas de bala cautiva en el aturdimiento de los cerdos es poco eficaz, debido a la fortaleza de los huesos del cráneo⁽³⁰²⁾.

1.2.5. Degüello/Sangrado

Consiste en el colgado del animal de forma que permanezca suspendido hacia abajo en el aire sin tocar el suelo y posterior incisión en la región cervical inferior para cortar al menos, una arteria carótida o los vasos de los que nace^(73, 371), sin dañar tráquea y esófago⁽¹¹²⁾, empleando para ello dos cuchillos, el primero secciona la piel