

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281599843>

El bienestar animal y los métodos de aturdimiento en cerdos

Technical Report · April 2015

CITATIONS

0

READS

1,044

7 authors, including:



Ramiro Ramírez

Metropolitan Autonomous University

238 PUBLICATIONS 1,558 CITATIONS

SEE PROFILE



Dan Jafhet Bolaños-López

21 PUBLICATIONS 138 CITATIONS

SEE PROFILE



Patricia Roldan-Santiago

Universidad Nacional Autónoma de México

119 PUBLICATIONS 668 CITATIONS

SEE PROFILE



Roberto Martinez-Rodriguez

Universidad Nacional Autónoma de México

43 PUBLICATIONS 314 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



TALLER DE BIENESTAR ANIMAL PARA PROFESORES [View project](#)



Uterotonics use in pigs [View project](#)

El bienestar animal y los métodos de aturdimiento en cerdos

13/4/15 | ¹ Ramiro Ramírez Necoechea¹, ² Isabel Guerrero Legarreta^{2, 1,3}, ^{3,4} Dan Bolaños López^{1,3, 3,4}, ^{3,4} Luis Alberto de la Cruz Cruz^{3,4}, ¹ Patricia Roldan Santiago¹, ⁵ Roberto Martínez Rodríguez⁵, ² Daniel Mota Rojas²,

¹Fisiopatología del Estrés y Bienestar de los Animales Domésticos, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Xochimilco), México.

²Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM. México.

³Posgrado FMVZ, UNAM.

⁴Bienestar Animal, UVM-Coyoacán. México.

⁵Departamento de Biotecnología, Bioquímica de Macromoléculas, UAM-Iztapalapa.

El presente artículo tiene por objetivo señalar las ventajas y desventajas que ofrecen los métodos de aturdimiento eléctrico *Versus* anestesia con gas CO₂, presentadas en reportes científicos. Diferentes estudios han propuesto al CO₂ como agente inductor a la anestesia, o bien, como un buen método de aturdimiento; sin embargo, hay una larga lista de efectos adversos que ponen en duda el bienestar de los cerdos durante su aturdimiento, tales como modificación en la conducta y alteraciones metabólicas, dando como resultado desequilibrios en el sistema ácido base. Diversos autores relacionan un estado de estrés agudo, sufrimiento y desajustes metabólicos durante la exposición de los cerdos al CO₂. Con relación al método de electronarcosis, este presenta también varias desventajas, ya que acelera las reacciones enzimáticas *post-mortem* e incrementa la intensidad de la contracción muscular ocasionando fracturas y afectando la calidad de la carne. (Para mayor información sobre el tema de métodos de aturdimiento, consulte los capítulos 20, 22 y 24 del libro Bienestar animal y la calidad de la carne. Editorial Elsevier, 2012).



Figura 1. El tiempo de espera en rastro debe ser lo suficientemente rápido para que el cerdo ya no continúe con el

proceso de estrés que ha iniciado desde el ayuno en granja, el embarque, el transporte y el desembarque. Inmediatamente llegue al rastro, ese debe duchar al cerdo para reducir la temperatura corporal y realizar la matanza lo antes posible, en el afán de reducir el estrés y afectar lo menos posible la calidad de la carne.

Aturdimiento eléctrico (electronarcosis)

Este método consiste en el paso a través del cerebro de una corriente eléctrica con una intensidad lo suficientemente alta como para provocar una despolarización del sistema nervioso central y una desorganización de la actividad eléctrica normal (Velarde et al., 2000a). El objetivo de la electronarcosis es inducir inconsciencia mediante la aplicación de suficiente corriente en la cabeza. Durante esta fase el animal se vuelve insensible al dolor, esta insensibilidad ha sido relacionada con altos niveles de los neurotransmisores glutamato y aspartato, los cuales son liberados dentro del cerebro causando hiperexcitación de las neuronas, produciendo la actividad epiléptica (McKinstry y Anil, 2004; OIE, 2005).

Para producir una insensibilidad instantánea, el aturdimiento eléctrico debe inducir un estado epiléptico (Croft, 1952; Warrington, 1974; Hoenderken, 1978, 1983; Lambooi et al., 1996, Gregory, 1998). Existen dos formas básicas de aturdimiento eléctrico: "Sólo en la cabeza", en el que las pinzas se colocan a través de la cabeza; y el "ataque cardíaco", en el que se pasa una corriente a través de ambos, la cabeza y el corazón. El aturdimiento sólo en la cabeza es reversible y el cerdo puede retornar a la sensibilidad a menos que se le desangre rápidamente. Mientras que el aturdimiento por ataque cardíaco matará a la mayoría de los cerdos deteniendo su corazón. Para inducir epilepsia en los cerdos, el amperaje requerido es de 1.25 A, (Hoenderken, 1978, 1983). Asimismo, debe haber suficiente voltaje para utilizar la corriente eléctrica necesaria; el voltaje mínimo recomendado es de 250 V (Troeger y Woltensdorf, 1989).



Figura 2. Aturdimiento eléctrico (manual) en porcinos.

Para colocar al cerebro de manera adecuada en el camino de la corriente, los electrodos se deben ubicar en la posición correcta (Croft, 1952; Warrington, 1974; Anil y McKinstry, 1998), ya que si se ubican a los electrodos muy atrás en el cuello, resultará en un período de insensibilidad más corto (Velarde et al., 2000ab). Grandin (2001) ha observado que colocando el electrodo cabeza de un aturridor por paro cardíaco demasiado atrás en el cuello, resulta en el parpadeo de los cerdos. Si se coloca al electrodo en la depresión detrás de la oreja se eliminan los reflejos de los ojos.

Aturdimiento con CO₂

El sistema de aturdimiento con CO₂ no requiere la sujeción de los animales y actualmente permite el aturdimiento de cerdos en grupo, reduciendo así el nivel de estrés. Este método consiste en la introducción de los cerdos a una cámara con una concentración atmosférica entre 80% y 90% de CO₂ durante un tiempo suficiente para mantenerlos inconscientes, hasta la posterior muerte de los animales por desangrado. Por lo ello, actualmente el

uso del aturdimiento de los animales en cámaras de CO_2 se ha adoptado en diferentes mataderos (rastros) en los que se procesan cerdos. Este método es empleado para promover la anestesia de los animales previo a su muerte (Martoft et al. 2002).



Figura 3. Cámara de CO_2 para porcinos. Los cerdos salen de la canastilla anestesiados.

Cuando el CO_2 es respirado por el cerdo, cruza las membranas del SNC causando un incremento de bicarbonato (HCO_3^-) y de iones H^+ intracelular. Después, se incrementa intensamente la actividad cortical cerebral, para finalmente darse un cese en su totalidad. Posteriormente, las estructuras corticales y el tallo cerebral se deprimen produciendo un estado de anestesia e inconsciencia (Martoft et al. 2002; Nowak et al. 2007; Mota-Rojas et al. 2012b). Las neuronas son muy sensibles a los cambios de pH de los líquidos intersticiales circundantes, por lo que la acidosis puede llegar a deprimir la actividad neuronal. Cuando se da la inhalación excesiva de CO_2 (10 s), se reduce rápidamente el pH intracelular (pH 6.7) y posteriormente el pH arterial (pH 6.6) (Velarde et al. 2000a; Martoft et al. 2003). Finalmente, aparece un movimiento respiratorio profundo a través del hocico abierto (intentos de inspiración), acompañado de un estiramiento del cuello (Velarde et al. 2000a; Llonch et al. 2012). Asimismo, se reduce la saturación de O_2 e incrementan los niveles de lactato sanguíneo (Martoft et al. 2003).

La inducción de la anestesia en una atmósfera con 80% de CO_2 incluye tres fases: La primera etapa tiene una duración aproximada de 20 s y se denomina etapa de analgesia. Durante este periodo la respuesta del animal al dolor y al estrés se reduce gradualmente. En el aparato respiratorio, la inhalación de CO_2 provoca hiperventilación, que se manifiesta con inspiraciones cortas y profundas asociadas a jadeos o vocalizaciones. Inmediatamente después de la pérdida de la consciencia viene la etapa de excitación, y posteriormente, entre los 26 y 35 s de exposición al CO_2 , el animal entra en la fase de anestesia. Durante esta fase, el animal pierde la postura normal y desaparecen el reflejo corneal, la sensibilidad al dolor y la ritmicidad respiratoria. Si el animal continúa inhalando CO_2 se produce la muerte (Velarde, et al., 2000a). En este sentido, los primeros estudios que demostraron que durante el aturdimiento con CO_2 la fase de excitación ocurre antes del comienzo de la inconsciencia (Hoenderken, 1978, 1983) dieron lugar a las primeras preguntas sobre un potencial de angustia en los cerdos durante la inducción de la anestesia con CO_2 .

Actualmente existe controversia acerca de la calidad humanitaria del aturdimiento mediante CO_2 debido a que la insensibilidad no es instantánea. Con este método le toma aproximadamente 21 s a un cerdo para que pierda su potencial de sensibilidad somática (Raj et al., 1997). Gregory et al. (1987) encontraron que la narcosis comienza 30 a 39 s después de comenzar la exposición, lo que puede conducir a angustia respiratoria (Raj y Gregory, 1995). Raj et al. (1997) afirman que el aturdimiento de cerdos con argón resulta en una pérdida de consciencia más rápida que con CO_2 .

La calidad de la carne

La electronarcosis es una técnica ampliamente difundida en el sector porcino, pero a su vez, cada vez más desaconsejada en beneficio de la inhalación de gases, debido a que su aplicación conduce hacia un deterioro de la calidad de la carne por aumento del defecto PSE (Velarde et al., 1999). Si bien el aturdimiento elimina los factores estresantes del desangrado, éste induce en el animal unos cambios fisiológicos cuyos efectos pueden repercutir negativamente en la calidad del producto final. Estos cambios son debidos principalmente al aumento de la presión sanguínea, la actividad muscular y una mayor exudación de líquidos, al provocarse una desnaturalización de las proteínas musculares provocando alteraciones, bien en la calidad de la canal debido a contusiones, hemorragias o fracturas, o bien en la calidad de la carne debido a una modificación del proceso bioquímico normal responsable de la transformación del músculo en carne. Asimismo, el aturdimiento eléctrico provoca una mayor incidencia de carnes PSE comparado con el sistema de aturdimiento por CO₂ (Velarde et al., 2000b; 2001), debido a la estimulación del sistema nervioso, acelerando así el *rigor mortis* y la caída del pH muscular cuando la musculatura está aún caliente.

Channon et al. (2003) reportan que las modificaciones en el amperaje, tiempos de contacto y tipos de aturdimiento eléctrico, ejercieron un efecto en la incidencia de carne PSE, incidencia de hemorragias, pH, pérdidas por exudación e incidencia de fracturas; aunque estuvieron por arriba de las encontradas en cerdos aturdidos en cámaras de CO₂. De igual forma, Channon (2002), concluyó que el uso de los electrodos cabeza-falda tiende a bajar el pH post sacrificio y dio lugar a una carne más pálida.



Figura 4. Las propiedades fisicoquímicas de la carne, entre ellas el pH, se pueden ver alteradas por efecto no solo del método de aturdimiento, sino además por lo prolongado del ayuno y los factores estresantes como el embarque, transporte, desembarque y periodo de estancia en los corrales del rastro.

Por su parte, Velarde et al. (1999) hicieron un estudio comparativo en 4 mataderos comerciales sobre los sistemas de aturdimiento eléctrico y CO₂, y su relación con la calidad de la carne y la canal a 2 y 7 h *post-mortem*, observando que la incidencia de carnes PSE fue inferior en los mataderos equipados con sistemas de inhalación de CO₂ respecto al aturdimiento eléctrico, tanto a las 2 h (3,8% frente a 8,8%) como a las 7 h (13,8% frente a 18,8), y sobre la canal, la incidencia de petequias, equimosis y hemorragias fue menor. Además, no se encontraron fracturas óseas en ninguna de las piezas evaluadas.

Por otra parte, la glucólisis ante el estrés se comporta de manera distinta bajo condiciones carentes de oxígeno, tal es el caso de la cámara de CO₂, donde la glicólisis anaerobia es ineficiente en comparación a la aerobia para la generación de ATP. Por lo tanto, un metabolismo continuo *post-mortem* disminuye los niveles de glucógeno y ATP y se acumula ácido láctico, disminuyendo el pH muscular. Este proceso resulta en una total disminución del pH final que va de 5.4 a 5.7 a las 24 horas en el músculo *Longissimus* del cerdo (Bowker et al.2000). En este sentido, el pH se encuentra relacionado con la intensidad de la pérdida de agua de la carne, la cual es de gran importancia, ya que ésta se comercializa por peso, por lo que la cantidad de agua que pierde durante el almacenamiento afecta

su rendimiento y valor económico (Moron y Zamorano, 2004). Aunado a ello, muchas de las propiedades físicas de la carne (color y textura en carne cruda) y de aceptación (jugosidad y suavidad en carne cocinada) dependen de su capacidad para retener agua (Moron y Zamorano 2004; Mota-Rojas *et al.* 2010).



Figura 5. El color de la carne se puede modificar por efecto de las transformaciones químicas sanguíneas y por la cantidad de sangre liberada durante el proceso de exsanguinación.

El exudado conlleva también a pérdidas de peso y por tanto reduce la vida de anaquel de carne fresca o productos procesados (Warris 2000). Channon *et al.* (2003) determinaron que el porcentaje de pérdida de agua de la canal en dos tipos de músculos: *M. longissimus thoracis et lumborum* y *M. biceps femoris* a las 24 horas *post mortem*, cuando los cerdos fueron aturdidos en una cámara de CO₂ a una concentración de 90% durante 103 s. De acuerdo con sus resultados, el músculo *longissimus thoracis et lumborum* mostró mayor porcentaje de pérdida por goteo que *M. biceps femoris* (4.48% vs 3.15%), dicho efecto está relacionado con un registro de pH menor en *M. longissimus thoracis et lumborum* (pH 5.56) en comparación a *M. biceps femoris* (pH 6.50) y mayor porcentaje de incidencia de carne tipo PSE en ambos músculos respectivamente (42% vs 8%) a las 24 horas *post mortem*.

Por otra parte, Velarde *et al.* (2000b), evaluaron la incidencia de hemorragias (petequias y hematomas) en hombros, lomo y jamones de cerdos bajo dos diferentes tiempos de aturdimiento (103±0.69 s vs 92±0.41 s) a 83% de CO₂. En sus resultados encontraron que un mayor porcentaje de petequias en los cerdos aturdidos durante a 103±0.69 s en comparación a los aturdidos por 92±0.41 s (15.3% vs 7.2% en hombros; 18.6% vs 15.5% en lomo; 11.2% vs 10% en jamón). En contraste, el porcentaje de hematomas incrementó en aquellos cerdos expuestos al exposición al gas durante menos tiempo: (5.8% vs 3.1% hombros; 4.8% vs 1.8% lomo; 7.9% vs 1% jamón). En todos los casos antes señalados se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$).

En el **cuadro 1** se presentan las ventajas y desventajas del uso de dos métodos de aturdimiento (electronarcosis e inhalación de CO₂) sobre el bienestar y calidad de la carne de cerdo.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas del uso de dos métodos de aturdimiento en cerdos.

Indicadores	Inhalación de CO ₂	Electronarcosis	Autor
Alteraciones fisiometabólicas (Hiperkalemia, hipercalcemia, lactoacidemia, hiperglicemia, acidosis respiratoria y metabólica)	+	-	Becerril-Herrera et al (2009)
Dolor (respuesta al pinchazo de la nariz)	+	-	Mihajilovic et al. (1993) Velarde et al. (2000b)
Carne PSE	-	+	Barton-Gade (1984) Velarde et al. (2000b; 2001)
Fracturas	-	+	Velarde et al. (2001) Velarde et al. (2000b)
Hemorragias	-	+	Channon et al. (2003)
Estrés presacrificio	+	-	Mihajilovic et al. (1993)
Calidad de la carne	+	-	Velarde et al. (2000b; 2001) Becerril-Herrera et al (2009) Mota-Rojas et al. (2012b)

En conclusión el aturdimiento con CO₂ durante el sacrificio de cerdos, se produce por una depresión de la función neuronal a consecuencia de una hipoxia y reducción del pH en el sistema nervioso central. Asimismo, es un hecho que en comparación con la electronarcosis el aturdimiento con CO₂ compromete el bienestar de los cerdos durante su aplicación. Es importante realizar el exsanguinado inmediatamente después de que los cerdos han salido de la cámara de aturdimiento (no mayor a 25 s); ya que aunque el aturdimiento es efectivo, los cerdos podrían recobrar la conciencia y cursar por estrés durante el degüello, incrementando y sumando este al estrés del aturdimiento, afectando su bienestar. Con respecto a los efectos sobre la calidad de la carne, en contraste con la electronarcosis el aturdimiento con CO₂ se ha convertido en un método que no repercute en gran medida la calidad de la carne de cerdo cuando los cerdos han sido expuestos a concentraciones mayores al 80% de CO₂ durante tiempos que no superen los 108 s de exposición. Se ha determinado que a menores concentraciones de exposiciones del gas (<75%) existe mayor aversión y sufrimiento animal que repercute en la calidad final de la carne. Aún faltan más estudios donde determinen la concentración más adecuada del CO₂ evitando dolor y agonía en los animales y al mismo tiempo obtener una óptimacalidad de carne.

Referencias

Anil M.H., McKinstry J.L. 1998. Variations in electrical stunning tong placements and relative consequences in slaughter pigs. *Veterinary Journal*. 155: 85-90.

Becerril-Herrera M., Alonso-Spilsbury M., Lemus-Flores C., Guerrero-Legarreta I., Olmos-Hernández A., Ramírez-Necochea R., Mota-Rojas D. 2009. CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Science*. 81: 233-237.

Bolaños-López D., Mota-Rojas D., Guerrero-Legarreta I., Flores-Peinado S., Mora-Medina P., Roldan-Santiago P., Borderas-Tordesillas F., R. García-Herrera R., Trujillo-Ortega M., Ramírez-Necochea R. 2014. Recovery of consciousness in hogs stunned with CO₂: Physiological responses. *Meat Science*. 98: 193-197.

Bowker B.C, Grant A.L., Forrest J.C., Gerrard D.E. 2000. Muscle metabolism and PSE pork. *Journal of Animal Science*. 79: 1-8.

Chambers P.G., Grandin T., Heinz G., Srisuvan T. 2001. Guidelines for humane handling, transport, and slaughter of livestock. RAP Publication 2001/4. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Humane Society of the United States.

Channon H.A., Payne A.M., Warner R.D. 2002. Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science*. 60: 63–68

Channon H.A., Payne A.M., Warner R.D. 2003. Effect on stun duration and current level applied head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO₂. *Meat Science*. 65: 1325-1333.

Grandin T. 2001. Solving return to sensibility problems after electrical stunning in commercial pork slaughter plants. *Journal American Veterinary Medical Association*. 219: 608-611.

Gregory G., Wotton S.D. 1984. Time of loss of brain responsiveness following exsanguination in calves. *Resource Veterinary Science*. 37:141-143.

Gregory N.G., Moss B., Leeson R. 1987. An assessment of carbon dioxide stunning in pigs. *Veterinary Record*. 121: 517-518.

Gregory N.G. 2001. Profiles of currents during electrical stunning. *Australian Veterinary Journal*. 79: 844-845.

Hartmann H., Siegling-Vlitakis C., Wolf K., Rindermann G., Fries R. 2009. Different CO₂-stunning procedures and post mortem obtained lung lesions in response to the corneal reflex and parameters in blood of slaughtered pigs. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*. 122: 333-340.

Hoenderken R. 1978. Electrical stunning of pigs for slaughter. Ph.D. Dissertation, Utrecht. The Netherlands.

Hoenderken, R. 1983. Electrical and carbon dioxide stunning of pigs for slaughter. In: Eikelenboom, G. (ed.) *Stunning of Animals for Slaughter*, Boston: Martinus Nijhoff Publishers. Pp. 59-63.

King, A.S. En: *The cardiorespiratory system. Foundations of veterinary studies*. Oxford, UK. Blackwell Science. 1999. 92.

Lambooij B., Gerard S., Merkus M., Voorse N., Pieterse V. 1996. Effect of low voltage with a high frequency electrical stunning on unconsciousness in slaughter pigs. *Fleischwirtschaft*. 76:1327-1328.

Llonch P., Dalmau A., Rodríguez P., Manteca X., Velarde A. 2012. Aversion to nitrogen and carbon dioxide mixture for stunning pigs. *Animal Welfare*. 21:33-39.

Martoft L., Lomholt L., Kolthoff C., Rodríguez B.E., Jensen E.W., Jørgensen P.F., Pedersen H.D., Forslid A. 2002. Effects of CO₂ anaesthesia on central nervous system activity in swine. *Laboratory Animals*. 36: 115–126.

Martoft L., Stødkilde-Jørgensen H., Forslid A., Pedersen H.D., Jørgensen P.F. 2003. CO₂ induced acute respiratory acidosis and brain tissue intracellular pH: a ³¹P NMR study in swine. *Laboratory Animals*. 37: 241-248.

McKinstry J.L., Anil M.H. 2004. The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs. *Meat Science*. 67:121-128.

Mihajlovic B., Turubatovic L., Radovanov S. 1993. Influence of stunning ways of pigs on meat quality. *Tehnologija mesa* 1–2. godina XXXV. UDK 664.9: 637.513.22. Pregledni rad.

Morón-Fuenmayor O.E., Zamorano-García L. 2004. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Revista Científica*. 14: 36-39

Mota-Rojas D., Becerril-Herrera M., Lemus C., Sanchez P., Gonzalez M., Olmos S. A., Ramirez-Necoechea R., Alonso-Spilsbury, M. 2006. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science* 73: 404-412.

Mota-Rojas D., Guerrero-Legarreta I., Trujillo-Ortega M.E., Roldan-Santiago P., Martínez-Rodríguez R., Aguilera E., Bermúdez-Casares A. 2010. Factores Predisponentes en la Incidencia del Músculo PSE en Cerdos. Eds: Mota-Rojas D., Guerrero-Legarreta I., Trujillo-Ortega M.E. BM Editores, México. pp. 249-269.

Mota-Rojas D., Orozco-Gregorio H., Gonzalez-Lozano M., Roldan-Santiago P., Martinez-Rodriguez R., Sanchez-Hernandez M. 2011. Therapeutic approaches in animals to reduce the impact of stress during transport to the slaughterhouse: A review. *International Journal of Pharmacology*. 7: 568-578.

Mota-Rojas D., Becerril-Herrera M., Roldan-Santiago P., Alonso-Spilsbury M., Flores-Peinado S., Ramirez-Necoechea R., Ramirez-Telles J.A., Mora-Medina P., Peirez M., Molina E., Soni E., Trujillo-Ortega M. E. 2012a. Effects of long distance transportation and CO2 stunning on critical blood values in pigs. *Meat Science*, 90, 893-898.

Mota-Rojas D., Hartung J., Becerril-Herrera M., Bolanos-Loipez, D. 2012b. CO2 gas stunning pigs: controversies in animal welfare and behaviour. Capítulo 22. En: Mota-Rojas D., Huertas S.M., Guerrero-Legarreta I., Trujillo-Ortega M.E. (Eds.). *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. pp. 411-426. México, D.F. Elsevier.

Nowak B., Mueffling T.V., Hartung J. 2007. Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: Impact on animal welfare and meat quality. *Meat Science*. 75: 290-298.

Raj A.B., Johnson S.P., Wotton SB., McInstry J.L. 1997. Welfare implications of gas stunning of pigs. The time of loss to somatosensory evoked potentials and spontaneous electrocorticograms of pigs during exposure to gases. *Veterinary Record*. 153: 329-339.

Ross M.H. 2002. Animal stunning system. U.S. Patent 6,471, 576, B1, October 20, 2002.

Velarde A, Gispert M, Diestre A. 1999. Sistemas de aturdimiento en porcino: Efectos sobre el bienestar animal y la calidad del producto final. *Eurocarne*. 76:55-60.

Velarde A., Gispert M., Faucitano L., Manteca X., Diestre A. 2000a. Survey of the effectiveness of stunning procedures used in Spanish abattoirs. *Veterinary Record*. 146: 65-68.

Velarde A., Gisper M., Faucitano L., Manteca X., Diestre A. 2000b. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Science*. 55: 309-314.

Wenzlawowicz M., von Holleben K. 2007. Tierschutz bei der betäubungslosen schlachtung aus religiösen gründen. *Deutsches Tierärzteblatt*. 11: 1374-1388.

Warrington P.D. 1974. Electrical stunning: A review of literature. *Veterinary Bulletin*. 44: 617- 633.

Warriss P.D. 2000. *Meat science: An introductory text*. CAB-International, Wallingford.

Warriss P.D., Brown S.N., Adams S. J.M. 1994. Relationship between subjective and objective assessment of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science*. 38: 329-340.

Wenzlawowicz M.V. Theoretische grundlagen der elektrischen betäubung und vorgehensweise beim verdacht auf fehlerhafte durchführung der elektrischen betäubung. Seminar des Beratungs und Schlachtieren. Universität zu Berlin.

White R.G., DeShazer J.A., Tressler C.J., Borchert G.M., Davey S., Warninge A., Parkhurst A.M., Milanuk M.J., Clems E.T. 1995. Vocalizations and physiological response of pigs during castration with and without anesthetic. *Journal of Animal Science* 73: 381- 386.