

# Aturdido eléctrico en baño de agua

Manuel Sanz (Director de Calidad – Grupo SADA P.A. S.A.)

## INTRODUCCIÓN

El reglamento comunitario 1099/2009 relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza establece como requisito general que “durante la matanza o las operaciones conexas a ella no se causará a los animales ningún dolor, angustia o sufrimiento evitable”. En este entorno, uno de los aspectos de más importancia es el relativo al bienestar de los animales en justo el momento del sacrificio, donde el reglamento marca que “*los animales se mataran únicamente previo aturdimiento..*” y “*...se mantendrá la pérdida de consciencia y sensibilidad hasta la muerte del animal*”.

De entre los distintos métodos de aturdimiento autorizados, el realizado mediante baño de agua eléctrico, es el empleado en la mayoría de industrias avícolas españolas (Propollo, comunicación personal).

El aturdido mediante baño de agua eléctrico está considerado por el reglamento 1099/2009 como un aturdido simple, es decir, un sistema de aturdimiento que no causa la muerte instantánea, y que requiere por tanto de un sistema de sacrificio posterior (habitualmente desangrado). La norma marca además una serie de parámetros clave, que el operador de la empresa avícola debe cumplir, como son unas intensidades de corriente mínimas, que van en función de unas frecuencias de corriente máximas (Tabla 1), un tiempo mínimo de aturdimiento (4 seg), un tiempo máximo de suspensión de aves en ganchos antes del aturdimiento (1 min) etc...

**Tabla 1. Requisitos eléctricos para pollo del equipamiento de aturdimiento por baño de agua establecidos en el Reglamento 1099/2009**

Frecuencia (Hz)	Intensidad (mA) / ave
Menor de 200	100
Entre 200 y 400	150
Entre 400 y 1500	200

A lo largo de este texto se discuten algunos de los aspectos relativos a bienestar de las aves sometidas a aturdimiento mediante baño de agua eléctrico, especialmente los relativos a la inducción del estado de inconsciencia en los animales mediante el empleo de la corriente eléctrica.

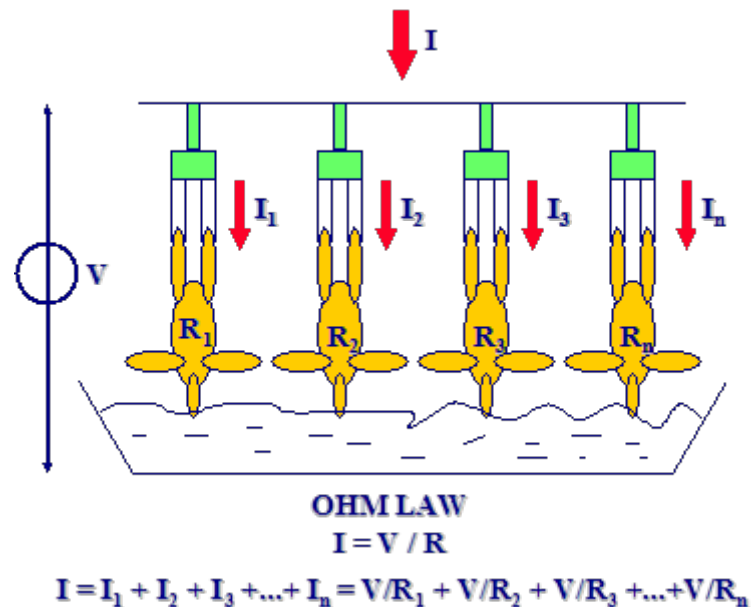
Existen otros aspectos relativos al bienestar de las aves aturdidas en baño de agua eléctrico, como la necesidad de colgar en ganchos a los pollos aún vivos y conscientes, que son inherentes al aturdimiento por baño de agua, que no serán discutidos en este texto.

Tampoco se mencionarán aspectos relativos a otras alternativas, como son el aturdimiento/sacrificio por gas o por sistemas eléctricos de solo cabeza, aunque si conviene recordar que estas alternativas, bien no están suficientemente desarrolladas para su uso comercial (aturdimiento solo cabeza) o bien se trata de alternativas tremendamente costosas desde el punto de vista económico, que imposibilita completamente su empleo en muchas empresas del sector en España

## BAÑO DE AGUA ELÉCTRICO. UN CIRCUITO DE RESISTENCIAS EN PARALELO

Antes de comenzar a discutir aspectos de bienestar animal propiamente dichos conviene describir brevemente algunos principios eléctricos muy básicos, que de un modo u otro, tienen relevancia desde el punto de vista del bienestar de las aves en el momento de su aturdimiento y posterior matanza. Desde un punto de vista eléctrico muy simplificado, se podría resumir diciendo que un aturdimiento por baño de agua eléctrico no es otra cosa que un circuito eléctrico de resistencias conectadas en paralelo. Las aves colgadas por las patas, serían las resistencias. Estas estarían conectadas al circuito mediante las perchas de las que se suspenden por un lado, y mediante el contacto de la cabeza (y hasta la base de las alas) con agua electrificada aislada mediante un baño de un material no conductor, por el otro. Aunque en la realidad parece que el circuito eléctrico es más complejo (Sparrey et al., 1991), la simplificación del circuito de resistencias en paralelo, permite entender fácilmente el concepto de que en él se cumple la ley de Ohm. Es decir, que la intensidad de corriente que circula por el circuito (amperios), es la suma de las intensidades de corriente que pasa por cada una de las aves, y que esta última depende de la diferencia de potencial aplicada en el circuito (voltios) y la propia resistencia (ohmios) del ave.

**Figura 1. Esquema eléctrico simplificado de un baño de agua eléctrico**



La mayor parte de los aturdimientos de baño eléctrico empleados comúnmente son los llamados de Voltaje constante, lo que significa, que el voltaje que aplican al circuito solo es posible variarlo manualmente, y que por tanto la intensidad de corriente que pasa por el conjunto de las aves en cada momento, depende de la resistencia de las aves que en ese momento están pasando por el baño. Por tanto, la variación natural en la resistencia eléctrica de las aves, provoca que la intensidad de corriente que pasa por ellas también varíe (Kettlewell & Hallworth, 1990; Bilgili 1999).

El diseño de baños de agua con cuadros eléctricos capaces de suministrar una intensidad de corriente constante al grupo de aves dentro del baño de agua, es relativamente sencillo, y permite fijar la suma de las intensidades de corriente que pasan por el conjunto de las aves presentes en el baño, a la cantidad deseada y constante, mediante la variación continua y automática de la diferencia de potencial que aplica al circuito (voltaje). Por ejemplo, en un baño de agua capaz de suministrar una intensidad de corriente constante, supuesto un baño con capacidad para 10 aves, podríamos decidir aplicar una intensidad de corriente constante de 1.5 Amperios, lo que aplicando la ley de Ohm supondría que estaríamos aplicando constantemente 150 mA por pollo (en el supuesto de que los 10 animales sumergidos en el baño en cada momento tuvieran una resistencia eléctrica idéntica).

Por otro lado, ya en los años 90, Sparrey et al., (1993), desarrollaron un prototipo que además era capaz de garantizar una intensidad de corriente constante individualmente a cada ave dentro del baño de agua. Sin embargo, hasta lo que el autor conoce, la comercialización y el empleo de este tipo de aturdidores ha sido muy limitado y parece que la industria fabricante de maquinaria avícola esta buscando la solución a este problema desarrollando aturdidores de solo cabeza que aplican la corriente individualmente a cada ave.

## **INDUCCIÓN Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE INCONSCIENCIA**

Como se ha mencionado anteriormente el objetivo del aturdido, es mantener la pérdida de consciencia y sensibilidad de las aves hasta que se alcanza el momento de la muerte, es decir, el aturdido tiene un objetivo doble, conseguir inducir en el animal insensibilidad e inconsciencia y asegurar que ese estado se prolonga hasta la muerte.

Pero ¿cómo podemos conocer si el animal esta inconsciente o ha perdido su sensibilidad?

Ya desde finales de los 80 (Gregory & Wotton, 1986) y especialmente en la última década (von Wenzlawowicz & von Holleben, 2001; Raj, 2006; Prinz, 2009) se han desarrollado multitud de trabajos científicos para determinar cómo evaluar la ausencia de sensibilidad en las aves después del aturdido a través de indicadores del estado de consciencia de las aves.

A lo largo de estos trabajos, los investigadores han empleado numerosos indicadores de síntomas clínicos tales como la presencia o no de reflejos de incorporación o tono muscular, ocurrencia de contracciones y convulsiones, presencia a no de reflejos de los ojos como el reflejo corneal o el parpadeo espontaneo.

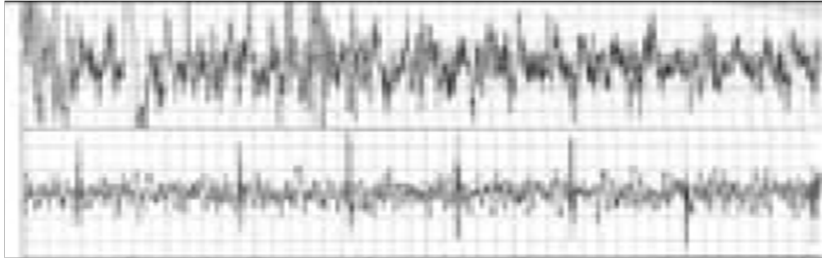
Sin embargo, parece que la comunidad científica está de acuerdo en que el único indicador fiable del estado de inconsciencia e insensibilidad en pollos es el estudio cuantitativo del electroencefalograma (EEG) de las aves (EFSA, 2012).

En concreto, después del paso de la corriente eléctrica, la medición del EEG debe mostrar un patrón epiléptico, seguido de un patrón de supresión profunda de actividad o patrón isoelectrico, señales estas consideradas por los investigadores como inequívocas de inconsciencia e insensibilidad (Raj et al., 2006; Prinz, 2010). Estos mismos autores consideran que el EEG está profundamente deprimido cuando la energía cerebral se reduce a un 10% o menos de la energía cerebral de un animal consciente (Figura 2)

El empleo de esta técnica ha permitido a los investigadores determinar la capacidad que distintos tipos de corriente eléctrica (alterna, continua, tipos de onda, intensidades y frecuencias) tienen para inducir en los pollos un correcto aturdido, es decir, un correcto estado de inconsciencia e insensibilidad.

**Figura 2. Ejemplos de Electroencefalogramas Pre y Post- Aturdido (Prinz, 2009)**

**Electroencefalograma (EEG) pre aturdido**



**Electroencefalograma (EEG) iso eléctrico post-aturdido**



Así, por ejemplo Raj et al., 2006, empleando un aturdido con corriente alterna de onda senoidal y una duración de aturdido de 1 seg, observaron que se podía alcanzar un correcto aturdido con intensidades de corriente de 100, 150 y 200 mA/pollo siempre que las frecuencias no superaran los 200, 600 y 800Hz respectivamente.

Prinz et al., 2010 empleando un aturdido con corriente alterna de onda rectangular y una duración de aturdido de 10 seg, observó que para alcanzar un correcto aturdido con corrientes de 100mA/pollo la frecuencia a emplear no debe superar los 200Hz mientras que con corrientes de 150mA/pollo o superiores no se debe superar una frecuencia de 400Hz

De estos, y otros trabajos se puede concluir que a medida que aumenta la intensidad de corriente aplicada a cada pollo y descende la frecuencia, la “calidad” del aturdido, aumenta.

Sin embargo, es bien conocido que a medida que aumentan las intensidades de corriente y descenden las frecuencias, la calidad de la canal disminuye (Gregory & Wilkins, 1989; Wilkins et al., 1998), por lo que uno de los principales problemas con los que se encuentra la industria avícola que emplea aturdido en baño de agua eléctrico, es que las necesidades para garantizar un correcto aturdido son opuestas a las condiciones ideales para garantizar una correcta calidad de canal.

Además de los dos parámetros eléctricos comentados (intensidad y frecuencia), existen otros como el tipo de corriente empleada (corriente alterna o continua) o el tipo de onda de la corriente (senoidal, rectangular...etc) que también parecen tener efecto sobre la calidad del aturdido. De un modo genérico parece que la corriente alterna es más eficaz induciendo un estado de inconsciencia en las aves que la continua (EFSA, 2012). Sin embargo parece que no existen grandes diferencias entre corriente alterna con ondas senoidales y rectangulares (EFSA, 2012; Wilkins et al., 1998)

## DURACIÓN DEL ESTADO DE INCONSCIENCIA

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo del aturdido debe ser no solo inducir un adecuado estado de inconsciencia e insensibilidad, si no que ese estado debe prolongarse hasta que se alcanza la muerte del animal.

En mataderos comerciales empleando sistema de aturdido simple por baño de agua, la muerte del animal se alcanza por efecto de la isquemia cerebral que provoca la pérdida de sangre durante el sangrado. El tiempo necesario para que el desangrado provoque la muerte del animal depende básicamente del tipo de corte realizado, siendo necesario mayor cantidad de tiempo con cortes unilaterales en los que se secciona solo una carótida y una yugular, que con cortes ventrales en donde se seccionan las dos carótidas y yugulares.

Efectivamente, en un interesante trabajo Gregory & Wotton (1986), midieron el tiempo necesario para alcanzar el fallo cerebral (5% de la actividad cerebral espontánea) empleando distintos sistemas de sacrificio (sistemas de corte de cuello) en pollos previamente anestesiados y conectados a un sistema de respiración artificial. Los resultados obtenidos por los autores se muestran en la siguiente Tabla 2

**Tabla 2. Tiempo (segundos) hasta alcanzar el 5% de actividad cerebral espontánea con distintos sistemas de sacrificio en pollos anestesiados y conectados a un sistema de respiración artificial. (adaptado de Gregory & Wotton, 1986)**

SISTEMA DE SACRIFICIO	TIEMPO (segundos)
Corte de 1 carótida y 1 yugular	122
Corte de 2 arterias carótidas	60
Decapitación	32

Como se observa en la tabla, el tiempo necesario para que la actividad cerebral espontánea integrada alcanzara el 5% de su actividad normal (muerte cerebral) se divide aproximadamente por dos si en el momento del sacrificio, en lugar de seccionar carótida y yugular (como era práctica común en Europa) se seccionan las dos arterias carótidas. Además, este tiempo se ve reducido de nuevo a la mitad, si el sacrificio es mediante la sección completa del cuello (decapitación) que implica la sección de la espina dorsal. Según algunos autores, los tiempos medidos en este trabajo podrían estar sobreestimados por efecto de la anestesia empleada en el experimento (Raj et al., 2006). Actualmente se considera como válido el dato de que el tiempo medio necesario para alcanzar la muerte con un corte de las dos carótidas es de aproximadamente 15-20 seg. Así, Raj et al. (2006) observaron que el tiempo medio necesario para alcanzar menos de un 10% de la energía cerebral pre-aturdido fue de aproximadamente 20 segundos cuando se realizó un corte ventral aproximadamente 8 seg después del aturdido, e independientemente del tipo de corriente eléctrica empleada para inducir el aturdido.

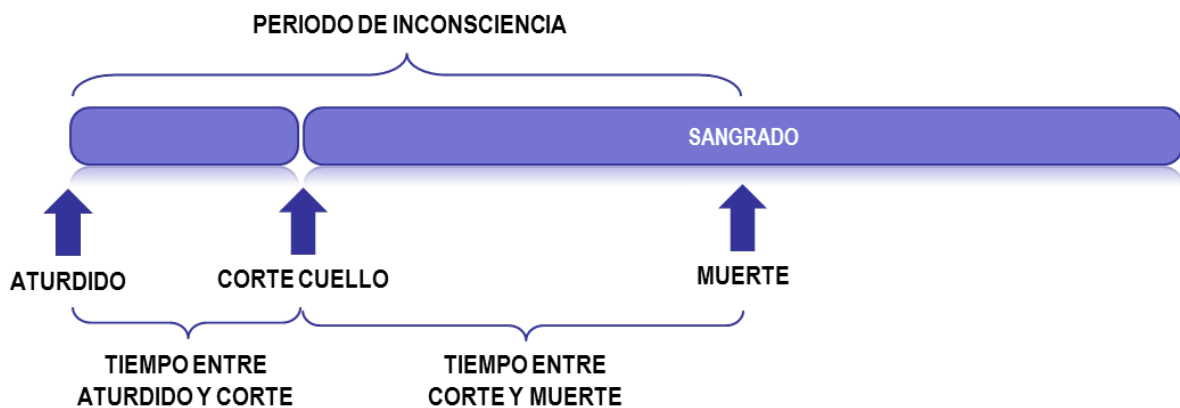
Teniendo en cuenta un tiempo de aturdido de al menos 4 seg y un tiempo medio entre aturdido y corte de otros 15-20 seg, se considera que la duración del aturdido para prevenir la recuperación del estado de inconsciencia y sensibilidad antes de la muerte de ser de al menos 45 seg (EFSA, 2012).

Probablemente por los motivos expuestos, la normativa europea establece la obligatoriedad, si se emplea un método de aturdido simple, de desangrar a los pollos mediante un corte que seccione las dos arterias carótidas. Desafortunadamente, esta normativa comunitaria plantea un nuevo problema al operador de la industria, al establecer la prohibición del empleo de degolladores automáticos a no ser que sea posible determinar si el degollador ha seccionado efectivamente ambos vasos, lo que a priori

parece difícil de garantizar, dada la dificultad de la comprobación a las altas velocidades de cadena empleadas actualmente.

Puesto que el corte manual ave a ave realizado por un operario parece también una solución inviable, precisamente por las altas velocidades de cadena, el empleo de la decapitación post-aturdido, podría ser una alternativa interesante, puesto que permite garantizar por un lado la sección de las dos carótidas, y por otro acorta el tiempo entre corte y muerte cerebral a aproximadamente la mitad (Gregory & Wotton, 1986), por lo disminuyen las posibilidades de recuperación de consciencia o sensibilidad antes de alcanzar la muerte.

**Figura 3. Periodo de Inconsciencia (Prinz, 2009)**



### MONITORIZACIÓN DE INCONSCIENCIA E INSENSIBILIDAD EN MATADERO. INDICADORES CLÍNICOS.

Como se ha mencionado anteriormente la única forma fiable de determinar el estado de inconsciencia de un pollo es el análisis cuantitativo del EEG. Desafortunadamente en la actualidad la industria no dispone de equipos robustos y de fácil manejo que permitan la evaluación del EEG de las aves de una forma sencilla. Sin embargo, el Reglamento 1099/2009 establece en su artículo 5 , apartado 1 que “los explotadores de empresas...”...”efectúen controles regulares para asegurarse de que los animales no presentan ningún signo de consciencia o sensibilidad en el periodo comprendido entre el final del proceso de aturdido y la muerte”, por lo que el operador de la industria avícola se ve obligado a emplear indicadores clínicos para evaluar la eficacia del aturdido, aunque como veremos, su fiabilidad es muy dudosa.

Efectivamente, en la comunidad científica, existe mucha confusión en lo que se refiere a los síntomas clínicos que pueden/deben ser observados en los pollos después de ser aturdidos, para valorar la eficacia del aturdido (Erasmus et al., 2010).

Durante el aturdido en baño eléctrico, la corriente fluye a través de la cabeza y el cuerpo del ave induciendo convulsiones tónico-clónicas, síntomas que han sido identificados con la inducción de un estado de epilepsia (Schutt-Abraham et al., 1983; Shields & Raj, 2010; Prinz, 2009). Durante una convulsión tónica, el cuerpo de las aves se endurece como resultado de la contracción muscular, el cuello se arquea hacia arriba, las patas se extienden de forma rígida, las alas se pegan al cuerpo pudiendo mostrarse temblorosas, se detiene la respiración rítmica y los ojos se abren completamente (EFSA, 2004; Hewson and Rusell, 1991). Las convulsiones tónicas inducidas por el paso de la corriente eléctrica pueden ir (o no) seguidas de convulsiones clónicas en las que se pueden manifestar aleteos vigorosos o contracciones también vigorosas de músculos de los muslos. Finalmente, las convulsiones tónico-clónicas, desencadenan en una relajación muscular hasta que el ave queda flácida durante un periodo corto de tiempo. Después de esta etapa, si las aves no han sufrido un paro cardíaco en el

momento del aturrido (o un desangrando) que conlleve a la muerte, se inicia de nuevo la respiración rítmica y el tono muscular normal se recupera poco a poco (Gregory, 1986; Gregory & Wotton, 1990; von Wenzlawowicz & von Holleben, 2001). Según diversos autores, la duración de este estado epiléptico oscila entre los 9 y los 17 segundos (Gregory & Wotton, 1987; Raj & O'Callaghan, 2004), por lo que la posibilidad de observación de sus síntomas clínicos en mataderos dependerá de la duración del aturrido, per se, y de en qué momento después del aturrido se observen. Por ejemplo, en un aturrido en baño de agua de una duración de 10 segundos, será posible que a la salida del aturridor no se observaran ya convulsiones y se apreciara, por ejemplo, el pollo con la musculatura relajada.

En cualquier caso la presencia de esta sintomatología, no puede ser considerada como indicadora de un correcto estado de inconsciencia e insensibilidad, puesto que un aturrido eléctrico inefectivo puede inducir también estos síntomas (Raj et al., 2006). Por otro lado la ausencia de todos estos síntomas (no hay ninguno de los descritos) puede ser interpretado como señal inequívoca de que por cualquier motivo el ave no ha sufrido descarga eléctrica (hubiera sido efectiva o no desde el punto de vista de la consciencia y sensibilidad), es decir, puede ser una señal de que el ave se “saltó” el baño eléctrico, caso en el que se apreciaría un ave perfectamente consciente. Por lo tanto, la presencia de cualquiera de estos síntomas (cuello arqueado o temblores... o...aleteos intensos.....musculatura relajada) indicará que la corriente eléctrica paso por el ave.

Por estos motivos, ninguno de estos indicadores mencionados, debe ser usado como indicador de consciencia, ni siquiera aquellos que pudieran indicar la recuperación del ave. Por ejemplo Prinz et al., (2010) observo en pollos aturridos con una corriente alterna rectangular de 150mA y 400Hz aplicada durante 10 segundos, que a los 40 segundos post aturrido más del 90% de las aves presentaban un EEG iso-eléctrico o profundamente deprimido, mientras que en ese mismo grupo y en el mismo tiempo alrededor de un 66% de los pollos habían recuperado una respiración rítmica.

Por otro lado, otros indicadores, relacionados con reflejos de los ojos, como el parpadeo espontáneo o el reflejo corneal tampoco pueden ser empleados como indicadores de consciencia.

Así por ejemplo el llamado “reflejo corneal” (reflejo que se produce cuando al tocar la córnea del ojo del ave con por ejemplo una pluma, desencadena el cierre de la membrana nictitante) no distingue claramente entre consciencia e inconsciencia (EFSA, 2004) y es bien conocido que se trata de un reflejo del tronco cerebral que se puede presentar incluso en aves bajo anestesia general (Gregory, 1989). Tampoco el parpadeo espontaneo es un indicador de consciencia o sensibilidad. Efectivamente en un interesante trabajo Prinz et al., 2010 mostró también que en pollos aturridos con una corriente alterna rectangular de 150mA y 400Hz aplicada durante 10 segundos y a los 40 segundos post-aturrido, tiempo en que más del 90% de las aves mostraba un EEG iso-electrico, el reflejo corneal estaba presente en casi un 40% de las aves, mientras que el parpadeo espontáneo se observó en alrededor de un 12% de los pollos. Sin embargo, Prinz, (2009) propuso que en la práctica sería aceptable emplear como como indicador de correcto aturrido un criterio de hasta un 30% de reflejos corneales o hasta un 15-30% de parpadeos espontáneos (a 20–30 segundos post-aturrido respectivamente) en pollos aturridos en baño de agua eléctrico con corriente alterna.

Otro de los reflejos comúnmente empleados para determinar el correcto aturrido en pollos es la respuesta al pinzamiento de la cresta. Para ejecutarlo se pellizca la cresta con el índice y el pulgar y se observa si el ave responde al estímulo (Raj et. al., 2006). Aunque una respuesta positiva a este test se considera como señal de que el pollo no está inconsciente, en la literatura se puede encontrar algún indicio de que al menos no en el 100% de las ocasiones esto es cierto. Efectivamente, Raj et al., (2006) observaron que en pollos aturridos con corriente 150mA y 400Hz de corriente alterna senoidal durante 1 segundo, el 75% de las aves presentaron un EEG epiléptico (6 de 8 aves) mientras que en ese grupo detectaron 3 de 8 aves con respuesta al pinzamiento de la cresta.

Como conclusión, se puede decir que no existe ningún síntoma clínico absolutamente fiable para determinar el estado de consciencia y sensibilidad de las aves y que por tanto es necesario más trabajo experimental para encontrar los rangos de tolerancia de los indicadores comúnmente empleados.

## LITERATURA

Bilgili, S. F. (1999) Recent advances in electrical stunning. *Poultry Science*, 78: 282-286.

European Food Safety Authority (2012) Scientific Opinion on the electrical requirements for waterbath stunning equipment applicable for poultry. *EFSA Journal* , 10: 2757

Erasmus, M. A., Turner, P. V. and Widowski, T. M. (2010) Measures of insensibility used to determine effective stunning and killing of poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 19: 288-298

Gregory, N. G. (1986) The physiology of electrical stunning and slaughter. In *Proceedings of a symposium at the Zoological Society of London* (pp. 3–14). Hertfordshire, UK: Universities Federation for Animal Welfare

Gregory, N. G. & Wotton, S. B. (1986) Effect of slaughter on the spontaneous and evoked activity of the brain. *British Poultry Science*, 27: 195-205

Gregory, N. G., & Wotton, S. B. (1987) Effect of electrical stunning on the electroencephalogram in chickens. *British Veterinary Journal*, 143: 175–183

Gregory, N. G., & Wotton, S. B. (1990) Effect of stunning on spontaneous physical activity and evoked activity in the brain. *British Poultry Science*, 31, 215–220

Gregory, N.G. (1989) Stunning and Slaughter. In: *Processing of Poultry*, Mead, G. C. (Ed), Elsevier Applied Science, London, pp. 31-63

Gregory, N.G. & Wilkins, L. J. (1989) Effect of stunning current on carcass quality in chickens. *Veterinary Record*, 124: 530-532

Hewson, P.I. & Russell, J. (1991) The welfare of poultry at slaughter. *The State Veterinary Journal*, 43: 75-81

Kettlewell, P. J., & Hallworth, R. N. (1990) Electrical stunning of chickens. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 47: 139-151

Sparrey, J. M., Paice, M. E. R & Kettlewell, P. J. (1992) Model of Current Pathways in Electrical Water Bath Stunners Used for Poultry. *British Poultry Science*, 33: 907-916

Sparrey, J. M., Kettlewell, P. J., Paice, M. E. R., & Whetlor, W. C. (1993) Development of a constant current water bath stunner for poultry processing. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56: 267-274

Prinz, S., (2009) Waterbath stunning of chickens. Effects of electrical parameters on the electroencephalogram and physical reflexes of broilers. Doctoral Thesis. Radboud University Nijmegen.

Prinz, S., Van Oijen, G., Ehinger, F., Coenen, A. and Bessei, B., (2010) Electroencephalograms and physical reflexes of broilers after electrical waterbath stunning using an alternating current *Poultry Science* 89 : 1265-1274



- 
- Raj, A. B. M., and M. O'Callaghan (2004) Effects of amount and frequency of head-only stunning currents on the electroencephalogram and somatosensory evoked potentials in broilers. *Animal Welfare*, 13: 159–170
- Raj, A. B. M., O'Callaghan, M., & Knowles, T. G. (2006) The effects of amount and frequency of alternating current used in water bath stunning and of slaughter methods on electroencephalograms in broilers. *Animal Welfare*, 15: 7-18
- Sara J. Shields & A. B. M. Raj (2010) A Critical Review of Electrical Water-Bath Stun Systems for Poultry Slaughter and Recent Developments in Alternative Technologies, *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 13: 281-299
- Schutt-Abraham, I., Wormuth, H.J., Fessel, J. and Knapp, J., 1983. In: *Stunning of Animals for Slaughter*, ed. G. Eikelenboom, The Hague: Martinus Nijhoff, pp. 154.
- Von Wenzlawowicz, M., & Von Holleben, K. (2001). Assessment of stunning effectiveness according to the present scientific knowledge on electrical stunning of poultry in a waterbath. *Archiv für Geflügelkunde*, 65: 193-198.
- Wilkins, L.J. , Gregory, N.G., Wotton S.B. & Parkman, I.D. (1998) Effectiveness of electrical stunning applied using a variety of waveform-frequency combinations and consequences for carcase quality in broiler chickens. *British Poultry Science*, 39: 551-518