

Higienización del agua: un factor clave en la rentabilidad de las explotaciones avícolas

M. SOMOLINOS*

OX-CTA, Edificio OX, PT Walqa, Ctra. Zaragoza Km 566, 22197 Cuarte (Huesca), España.

*Corresponding author: msomolinos@oxcta.com

En el contexto económico y legislativo actual, la gestión inteligente de la bioseguridad en las explotaciones avícolas es fundamental, ya que representa una herramienta esencial para garantizar un máximo rendimiento, manteniendo siempre el compromiso de Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal exigido en la actualidad. Un aspecto clave de la gestión de la bioseguridad es la correcta realización de un tratamiento de higienización del agua.

Debe tenerse en cuenta que el agua forma parte del concepto global de alimentación, y habitualmente, se consume el doble de agua que de alimento sólido. Sin embargo, el agua con una alta carga microbiológica puede afectar al estado sanitario de los animales y reducir la rentabilidad de las explotaciones.

Uno de los principales factores de riesgo en materia de calidad microbiológica del agua es el biofilm. Esta capa de materia orgánica que recubre el interior de los elementos del sistema de distribución de agua puede contener una alta carga de microorganismos. Además, se ha demostrado que los microorganismos que se desarrollan en el biofilm pueden ser más resistentes a los desinfectantes químicos que los microorganismos de vida libre. Por tanto, para realizar una gestión eficaz e inteligente del agua, se debe tener en cuenta no solamente la carga microbiana que el agua trae desde su origen, sino también el riesgo que presenta la posible existencia de biofilm en la instalación. En la actualidad existen múltiples métodos de tratamiento del agua, pero no todos ellos son capaces de eliminar el biofilm existente, y evitar que vuelva a formarse.

Además, hay otros factores que también son relevantes a la hora de evaluar la conveniencia de un método de higienización de agua, como por ejemplo, su eficacia independientemente de los parámetros físico-químicos del agua, su coste, su carácter medioambientalmente sostenible, la protección de las instalaciones, etc.

La comparación de diferentes métodos de higienización de agua, como el hipoclorito sódico, el dióxido de cloro y el peróxido de hidrógeno estabilizado, ha permitido conocer la incidencia de cada uno de ellos en aspectos tan relevantes como la mortalidad, la prevalencia de problemas entéricos, el número de huevos aptos para su comercialización, etc. De esta manera se ha podido demostrar que la higienización del agua de forma inteligente puede ser un factor clave en la rentabilidad de las explotaciones avícolas.

In the current economic and legislative context, intelligent biosecurity management in poultry farms is a key factor, because it represents an essential tool in order to ensure maximum performance, while maintaining the commitment of Food Safety and Animal Welfare required today. A critical factor of biosecurity management is the implementation of an effective treatment for water disinfection.

It should be noticed that water takes part of the overall nutrition concept, and usually, animals intake twice water than feed. However, water with high microbiological load may affect health of animals and reduce profitability of farms.

One of the main risk factors regarding microbiological quality of water is biofilm. This layer of organic matter that covers the inside part of the elements of water distribution system may contain a large amount of microorganisms. Moreover, it has been demonstrated that the microorganisms that develop on biofilm can be much more resistant to disinfectants than the free-living microorganisms.

So that, in order to carry out an effective and intelligent water management, it is necessary to take into account not only microbial load that water brings from its origin, but also the risk of

the possible existence of biofilm in water distribution system. At present time there are many methods for water treatment, but not all of them are capable of removing biofilm and preventing its reappearance.

In addition, there are other factors that are also relevant to evaluate the suitability of a water sanitation method. For example, its effectiveness regardless physical-chemical properties of water, its economic cost, its environmentally sustainable nature, its non corrosive character, etc. Comparison of different methods of water disinfection, such as sodium hypochlorite, chlorine dioxide and stabilized hydrogen peroxide, has shown the incidence of each of them in important aspects such as mortality, prevalence of enteric problems, number of eggs suitable for sale, etc. In this way, it has been demonstrated that the disinfection of water by the implementation of an intelligent work protocol is a key factor in the profitability of poultry farms.

Palabras clave: higienización; agua; rentabilidad; bioseguridad

Introducción

Con objeto de obtener un máximo rendimiento de las explotaciones avícolas, es esencial optimizar los parámetros productivos, y para ello resulta fundamental trabajar en el ámbito de la prevención, invirtiendo solamente los recursos estrictamente necesarios en cada caso. En este sentido, la gestión inteligente de la bioseguridad representa una herramienta esencial. La calidad del agua utilizada en las explotaciones avícolas es un factor extremadamente importante que presenta una gran influencia en la productividad. Por tanto, la implantación de una estrategia inteligente para la higienización del agua es un aspecto clave de la gestión de la bioseguridad.

El agua es un nutriente esencial para la nutrición animal y está involucrado en las funciones fisiológicas básicas del organismo (Olkowski, A.A., 2009; Nutega, 2010). Sin embargo, es importante tener en cuenta que en comparación con otros nutrientes, el agua se consume en cantidades considerablemente mayores. Por tanto, la calidad y disponibilidad del agua son extremadamente importantes para la salud animal y la productividad de las explotaciones.

El agua forma parte del concepto global de alimentación, y habitualmente se consume el doble de agua que de alimento sólido (Montes, M., 2013). Además, limitar la disponibilidad de agua a los animales puede causar severas e irreparables pérdidas de productividad, y a este respecto hay que añadir que una calidad deficiente del agua puede convertirse en un factor que limite de forma considerable su consumo (Olkowski, A.A., 2009).

Por otra parte, dado que, como se ha comentado anteriormente, el agua se consume en grandes cantidades, si ésta es de mala calidad, existe un mayor riesgo de que la salud de los animales, y por tanto la productividad de la explotación, se vean afectadas. Además, el agua de bebida de los animales puede ser fuente de microorganismos de interés a nivel de Seguridad Alimentaria, tales como *Salmonella* y *E. coli*.

Por tanto, para garantizar, una gestión inteligente de la bioseguridad, un máximo rendimiento productivo de la explotación, y cumplir con las exigencias actuales de Seguridad Alimentaria, el agua de bebida tiene que ser de buena calidad microbiológica y no contener sustancias nocivas, además de presentar una fácil disponibilidad para los animales.

El agua que llega a las explotaciones puede presentar una buena calidad microbiológica en el origen, y sin embargo, contaminarse antes de llegar al punto de bebida del animal (Hernandez, D. et al., 2013). La contaminación microbiológica del agua puede tener diferentes orígenes. Por un lado, el agua puede llegar contaminada desde la propia fuente de origen (por ejemplo, pozos superficiales o poco profundos). Por otra parte, los elementos del sistema de almacenamiento y distribución de agua pueden ocasionar la contaminación de ésta, principalmente a causa de la existencia de biofilm.

El biofilm se define como una comunidad de microorganismos que crecen embebidos en una matriz de exopolisacáridos y adheridos a una superficie. Una biopelícula o biofilm es un ecosistema microbiano organizado, conformado por uno o varios microorganismos asociados a una superficie viva o inerte, con características funcionales y estructuras complejas (Hall-Stoodley, L., et al., 2002). Este tipo de conformación ocurre cuando los microorganismos se adhieren a una superficie formando una

comunidad, que se caracteriza por la excreción de una matriz extracelular adhesiva protectora. Una biopelícula puede contener aproximadamente un 15% de células y un 85% de matriz extracelular. Esta matriz generalmente está formada por exopolisacáridos, que constituyen canales por donde circulan agua, nutrientes y residuos.

Así pues, el biofilm constituye uno de los principales factores de riesgo en materia de calidad microbiológica del agua, ya que esta capa de materia orgánica que recubre el interior de los elementos del sistema de distribución de agua (depósitos, tuberías, etc.) contiene una alta carga de microorganismos. Además, se ha demostrado que los microorganismos que se desarrollan en el biofilm pueden ser más resistentes a los desinfectantes químicos que los microorganismos de vida libre (Stewart, P.S., et al., 2001; Fux, C.A. et al., 2005).

Las principales razones de esta mayor resistencia a los agentes antimicrobianos podrían ser las siguientes:

1. La barrera de difusión física y química a la penetración de los antimicrobianos que constituye la matriz de exopolisacáridos.
2. El crecimiento ralentizado de las bacterias del biofilm debido a la limitación de nutrientes.
3. La existencia de microambientes que antagonicen con la acción del agente antimicrobiano.
4. La activación de respuestas de estrés que provocan cambios en la fisiología de la bacteria y la aparición de un fenotipo específico del biofilm que activamente combata los efectos negativos de las sustancias antimicrobianas.

Así, para realizar una gestión eficaz e inteligente del agua, se debe tener en cuenta no solamente la carga microbiana que el agua trae desde su origen, sino también el riesgo que presenta la posible existencia de biofilm en la instalación. Por tanto, con objeto de instaurar un tratamiento inteligente de higienización del agua, se debe asegurar que la sistemática de trabajo implantada es capaz de eliminar la contaminación microbiana que el agua contiene desde su origen, y además, en un primer momento eliminar el biofilm existente, y a largo plazo evitar que éste vuelva a formarse. En la actualidad existen múltiples métodos de tratamiento del agua, pero no todos ellos son capaces de lograr estos hitos.

La orden SSI/304/2013 en su Anexo I parte B sobre sustancias desinfectantes para el tratamiento del agua destinada al consumo humano y animal, entre otros, permite el uso de cloro y derivados, dióxido de cloro y peróxido de hidrógeno, siempre y cuando los productos utilizados cumplan con la normativa legal vigente específica en cada caso:

- Cloro: UNE-EN 903
- Hipoclorito de Calcio: UNE-EN 900
- Hipoclorito de Sodio: UNE-EN 901
- Dióxido de Cloro: UNE-EN 12671
- Peróxido de Hidrógeno: UNE-EN 902

De forma general, se ha demostrado en numerosas ocasiones que el cloro y sus derivados no eliminan el biofilm del interior de las tuberías y otros elementos del sistema de distribución de agua. Incluso a dosis altas de cloro, el biofilm protege a las bacterias de la acción de éste tipo de biocidas. Además, la eficacia biocida del cloro depende enormemente de los factores físico-químicos del agua, tales como el pH. Tal y como se puede observar en la Figura 1, cuando el cloro se disuelve en el agua, éste se degrada a dos compuestos, ácido hipocloroso (HClO) (que tiene un alto efecto biocida) e ion hipoclorito (ClO⁻) (que presenta un menor efecto biocida). La cantidad o el porcentaje de cada uno de estos dos compuestos depende del pH del agua. Así, tal y como se puede observar en la Figura 1, de forma general, a pH <7, la mayor parte del cloro en disolución se encuentra en forma de ácido hipocloroso. Sin embargo, a pH >7 la mayor parte del cloro en disolución se encuentra en forma de ion hipoclorito. Por ello, la eficacia biocida del cloro en aguas de pH >7 se ve tremendamente comprometida. Por otro lado, el cloro se evapora a temperaturas > 25°C, puede ocasionar alteración de los materiales por corrosión, altera las propiedades organolépticas del agua (sabor y olor), y se ha demostrado que cuando se combina con la materia orgánica existente (y a este respecto hay que tener en cuenta que cuando hay biofilm, hay presencia de materia orgánica), el cloro es capaz de generar subproductos tóxicos (trihalometanos, etc.).

Debido a todos los inconvenientes descritos anteriormente, en la actualidad existe una importante tendencia hacia la utilización de métodos alternativos al cloro para la higienización del agua. A este respecto, se han estudiado métodos como las radiaciones UV y el ozono. Sin embargo, este tipo de tratamientos no son capaces de dejar un residual de materia activa en el agua, que garantice su

higienización hasta el punto final. Por otro lado, este tipo de tratamientos tampoco garantizan la eliminación del biofilm, además de que los equipos necesarios para su implantación pueden resultar altamente costosos. Por ello, en el ámbito de la higienización del agua, las opciones que se han posicionado como principales alternativas a la utilización del cloro son el dióxido de cloro y el peróxido de hidrógeno.

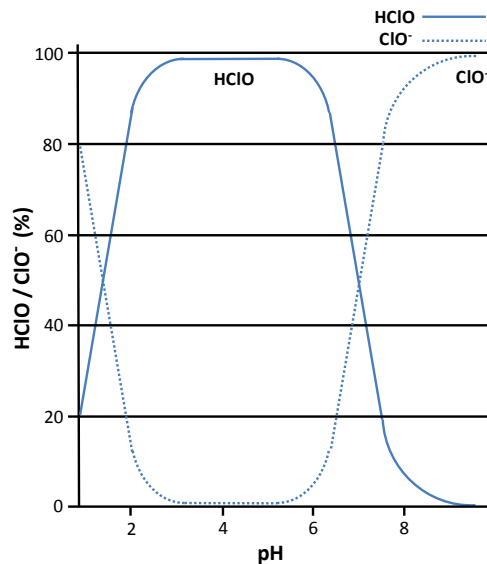


Figura 1: Efecto del pH sobre la disociación del cloro en disolución.

El dióxido de cloro, de forma general se asume que presenta un mayor efecto biocida que el cloro, y su eficacia no es tan dependiente del pH del agua. No obstante, debe tenerse en cuenta que su eficacia biocida desciende al reducirse la temperatura, y además, el dióxido de cloro no puede ser estabilizado, y por tanto debe generarse *in situ* en la explotación. Los equipos necesarios para realizar dicha generación *in situ* son altamente costosos, y deben estar supervisados por personal cualificado que asuma los riesgos en materia de prevención de riesgos laborales que conlleva su manipulación. Igualmente, su utilización puede generar subproductos tóxicos tales como trihalometanos, cloritos y cloratos, por ello en la legislación vigente (Orden SSI/304/2013) se establece que si se utiliza esta sustancia para el tratamiento del agua, se debe llevar a cabo un control analítico adicional del agua que incluya el análisis de dichos subproductos tóxicos.

Por su parte, el peróxido de hidrógeno presenta una alta eficacia biocida y además es capaz de eliminar el biofilm existente, y evitar que éste vuelva a formarse. En la Guía de Trabajo publicada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para prevenir y controlar la contaminación por *Salmonella spp* en las explotaciones avícolas, se establece que para realizar una buena limpieza de las conducciones de distribución de agua se deben utilizar productos capaces de eliminar el biofilm. Dicha Guía de Trabajo recomienda expresamente el uso de peróxidos de hidrógeno estabilizados. En este sentido cabe señalar que no todos los productos en base a peróxido de hidrógeno son iguales, ya que la estabilización de esta materia prima es un factor diferenciador de gran importancia. Se recomienda el uso de productos registrados que estén estabilizados sin utilizar metales pesados. Cuando un producto en base a peróxido de hidrógeno se encuentra perfectamente estabilizado presenta una gran eficacia independiente de los parámetros físico-químicos del agua. Además, este tipo de productos son 100% biodegradables, no corrosivos y no alteran las propiedades organolépticas del agua. En cuanto a su utilización, se recomienda el uso de bombas dosificadoras automáticas que resultan económicas, seguras y sencillas de utilizar. Igualmente, como método de autocontrol fiable, económico y sencillo, pueden utilizarse tiras reactivas colorimétricas para la detección de peróxido de hidrogeno residual.

El presente trabajo tiene como principal objetivo la comparación de estos métodos de tratamiento del agua, con objeto de determinar cuál de ellos permite higienizar el agua de una forma inteligente. Para ello, se tendrá en cuenta la incidencia de cada uno de estos métodos en aspectos relevantes para

la productividad de la explotación. De este modo, se pretende demostrar que la higienización del agua, si se realiza de forma inteligente, puede ser una inversión muy rentable para las explotaciones avícolas.

Material y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en Italia, durante 12 meses (desde Marzo de 2012 hasta Marzo de 2013), en tres explotaciones de avicultura de puesta y tres explotaciones de avicultura de carne. Los tres núcleos productores de huevos presentaban unos índices productivos similares, así como similar genética, alimentación y manejo, ya que los tres pertenecían a la misma empresa. Además, en los tres casos las características físico-químicas (pH, dureza y conductividad) y microbiológicas (Aerobios Mesófilos, Coliformes, *E. coli*, *Enterococcus* y *Clostridium*) del agua de origen eran similares. Del mismo modo, las características de los tres núcleos productores de carne eran similares, ya que en este caso, también todos ellos pertenecían a la misma empresa.

Para partir de unas condiciones higiénicas equivalentes, durante el vacío sanitario en todos los casos se llevó a cabo la limpieza y desinfección completa del sistema de distribución de agua (depósitos y tuberías hasta puntos finales) utilizando el producto OX-VIRIN® (formulado en base a peróxido de hidrógeno y ácido peracético, y estabilizado con el núcleo específico OX-VI®). El protocolo de trabajo (dosis, tiempo de contacto, etc.) utilizado en todos los casos fue el mismo.

Para establecer una comparación objetiva, en una de las explotaciones de avicultura de puesta se llevó a cabo la higienización de agua con hipoclorito sódico, en otra con dióxido de cloro y en otra con peróxido de hidrógeno. Del mismo modo se procedió en el caso de las explotaciones de broilers.

El tratamiento de agua con hipoclorito sódico, se realizó utilizando una bomba dosificadora automática y tratando de mantener unos niveles constantes de Cloro Libre Residual de 1 ppm al final de la línea. Con objeto de realizar el tratamiento de agua con Dióxido de Cloro, se trabajó utilizando un equipo (Scotmas Chlorine Dioxide Generator Systems®) capaz de generar este compuesto *in situ*, manteniendo un nivel de dióxido de cloro de 1 ppm. Finalmente, para llevar a cabo el tratamiento de agua con un producto en base a peróxido de hidrógeno estabilizado (OX-AGUA 2ª GENERACIÓN®) se trabajó utilizando una bomba dosificadora automática y manteniendo unos niveles constantes de peróxido de hidrógeno residual de 5 ppm al final de la línea de distribución de agua.

Con objeto de estudiar la calidad microbiológica del agua a lo largo del tiempo, en cada caso, con una periodicidad mensual, se llevó a cabo la toma de muestras de agua no tratada (pozo) y tratada (final de línea) en cada explotación. Dichas muestras de agua fueron analizadas para evaluar el recuento de microorganismos Aerobios Mesófilos, Coliformes Totales, *E. coli*, *Enterococcus* y *Clostridium sulfito reductores*.

Además, con objeto de establecer una comparativa completa entre los tres métodos de higienización estudiados, durante los 12 meses que duró el ensayo, también se evaluaron otras características de interés, como el coste medio del tratamiento, los riesgos para la manipulación del producto/seguridad de uso del equipo necesario para el tratamiento de higienización, la eliminación del biofilm de la instalación y las características organolépticas del agua tratada.

Para demostrar la conveniencia de la implantación de un método inteligente de tratamiento de agua, en cada caso se llevó a cabo un estudio acerca del retorno de la inversión que supone dicho tratamiento. Para ello, para cada explotación se estableció una comparación directa entre los principales índices productivos de interés durante el tiempo que duró el ensayo, y los doce meses inmediatamente anteriores al comienzo del mismo.

Resultados y discusión

En el caso de las explotaciones avícolas de puesta, la Tabla 1 muestra los resultados de los análisis de las muestras de agua no tratadas y tratadas por los diferentes métodos objeto de estudio en cada caso. Tal y como se puede observar, la calidad microbiológica del agua bruta (no tratada) era equivalente en las tres explotaciones en las que se trabajó. Este hecho, facilita enormemente la comparación de los resultados obtenidos en los tres casos. Por otro lado, la observación de los resultados del análisis de muestras de agua tratada, pone de manifiesto que los tres métodos de higienización implantados permitieron lograr una importante reducción de los recuentos microbianos en el agua. No obstante, el tratamiento del agua con peróxido de hidrógeno estabilizado (OX-AGUA 2ª GENERACIÓN®) fue el método que consiguió una mayor reducción de los recuentos microbianos. De hecho, este fue el único método de tratamiento que permitió conseguir una calidad microbiológica del agua aceptable durante los doce meses que duró el ensayo.

Tabla 1: Carga microbiana observada en las muestras de agua tomadas en las explotaciones avícolas de puesta. Los resultados numéricos indicados están expresados como el valor medio teniendo en cuenta los resultados observados durante los 12 meses que duró el ensayo.

	Explotación 1		Explotación 2		Explotación 3	
	No tratada	Tratada: Hipoclorito Sódico	No tratada	Tratada: Dióxido de Cloro	No tratada	Tratada: OX-AGUA 2ª GENERACIÓN
Aerobios Mesófilos 22°C (UFC/ml)	15.783	781	11.296	125	21.564	97
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	2.032	168	1.737	83	2.375	0
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	179	29	80	15	161	0
<i>Enterococcus</i> (UFC/100 ml)	35	5	21	2	36	0
<i>Clostridium</i> Sulfito Reductores (UFC/ml)	86	11	36	9	49	1

En el caso de las explotaciones avícolas de carne, la Tabla 2 muestra los resultados de los análisis de las muestras de agua no tratadas y tratadas por los diferentes métodos objeto de estudio. Estos resultados demuestran que, de nuevo, todos los métodos de higienización estudiados permitieron reducir de forma importante la carga microbiológica del agua. También en este caso, el tratamiento que permitió lograr una mejor calidad microbiológica del agua fue la aplicación de peróxido de hidrógeno estabilizado (OX-AGUA 2ª GENERACIÓN®).

Tabla 2: Carga microbiana observada en las muestras de agua tomadas en las explotaciones avícolas de carne. Los resultados numéricos indicados están expresados como el valor medio teniendo en cuenta los resultados observados durante los 12 meses que duró el ensayo.

	Explotación 1		Explotación 2		Explotación 3	
	No tratada	Tratada: Hipoclorito Sódico	No tratada	Tratada: Dióxido de Cloro	No tratada	Tratada: OX-AGUA 2ª GENERACIÓN
Aerobios						
Mesófilos 22°C (UFC/ml)	31.946	973	26.993	274	27.121	103
Coliformes						
Totales (UFC/100 ml)	2.870	196	2.096	89	2.106	0
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	274	34	91	12	103	0
<i>Enterococcus</i> (UFC/100 ml)	25	1	12	0	9	0
<i>Clostridium</i>						
Sulfito						
Reductores (UFC/ml)	13	3	7	1	11	0

Por tanto, los resultados presentados anteriormente permitirían concluir que, de entre los tratamientos propuestos, la utilización de peróxido de hidrógeno estabilizado es el método que logra controlar la calidad microbiológica del agua de forma más eficiente. Por otra parte, la observación de la Tabla 3, demuestra que además de su gran eficacia, la utilización de peróxido de hidrógeno estabilizado presenta otras grandes ventajas, como por ejemplo su facilidad de implantación y seguridad en los procesos de manipulación, y su capacidad para eliminar el biofilm y evitar su nueva formación. A todas estas ventajas, hay que añadir su carácter 100% biodegradable, característica que lo diferencia de los otros métodos de tratamiento estudiados.

Tabla 3: Estudio comparativo de factores de interés a tener en cuenta a la hora de estudiar la conveniencia de la implantación de un determinado método de higienización de agua.

	Coste medio del tratamiento	Riesgos de manipulación	Eliminación del biofilm	Alteración de las características organolépticas del agua	Facilidad de mantenimiento de residual constante en el agua
Hipoclorito Sódico	Mínimo	Medio	Mínimo	Alto	Mínimo
Dióxido de Cloro	Alto	Alto	Medio	Mínimo	Mínimo
OX-AGUA 2ª GENERACIÓN	Medio	Mínimo	Alto	Mínimo	Alto

Con objeto de ir un paso más allá, en cada caso se estableció una comparativa entre los principales índices productivos durante el tiempo que duró el ensayo, y los doce meses inmediatamente anteriores al comienzo del mismo. Este ejercicio permitió demostrar que, la utilización de hipoclorito sódico para

el tratamiento de agua, conseguía reducir alrededor de un 5% la prevalencia de problemas entéricos, pero no lograba reducciones significativas en la mortalidad de los animales. En el caso de la explotación avícola de puesta, la incidencia directa del tratamiento de agua con hipoclorito sódico sobre el porcentaje de huevos sucios/rotos era <1%. En lo que respecta al uso de dióxido de cloro, la reducción de la prevalencia de problemas entéricos llegaba a alcanzar el 8%, la reducción de la mortalidad era <1%, y el descenso de huevos sucios/rotos era del 3%. Finalmente, cuando se utilizó peróxido de hidrógeno estabilizado para higienizar el agua, se alcanzó una reducción de la prevalencia de problemas entéricos del 15%, así como una disminución de la mortalidad de los animales del 1%. En el caso de la explotación avícola de puesta, el porcentaje de huevos sucios/rotos se redujo un 10%. Estos datos demuestran que, la implantación por parte de profesionales especializados, de un método de tratamiento del agua basado en el uso de peróxido de hidrógeno estabilizado, es una inversión muy rentable.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se puede concluir que, la elección de un correcto sistema de higienización de agua es fundamental para garantizar el rendimiento de la explotación. La implantación de un método basado en la utilización de peróxido de hidrógeno estabilizado, permite la higienización del agua de forma inteligente, ya que no sólo es altamente efectivo y presenta importantes ventajas de uso, sino que además resulta muy interesante desde el punto de vista económico.

Referencias

- FUX, C.A., COSTERTON, J.W., STEWART, P.S. y STOODLEY, P.** (2005) Survival strategies of infectious biofilms. *Trends in microbiology* **13**: 34-40.
- HALL-STOODLEY, L. y STOODLEY, P.** (2002) Development regulation of microbial biofilms. *Current opinion in biotechnology* **13**: 228-233.
- HERNANDEZ, D., PÉREZ, M. y SOLER, F.** (2013) La calidad del agua y el rendimiento de los animales. *Albeitar* **167**: 10-11.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE** (2012) Guía de trabajo para prevenir y controlar la contaminación por *Salmonella spp* en la explotación avícola. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- MONTES, M.** (2013) Sostenibilidad en avicultura: el reto de producir en equilibrio. *Selecciones Avícolas* **Febrero**: 27-30.
- NUTEGA** (Nuevas Tecnologías de Gestión Alimentaria, SA) (2010) Importancia del agua en alimentación animal.
- OLKOWSKI, A.A.** (2009) Livestock water quality: A field guide for cattle, horses, poultry and swine. *Agriculture and Agri-Food Canada*.
- ORDEN SSI/304/2013**, de 19 de Febrero, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.
- REAL DECRETO 140/2003**, de 7 de Febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- STEWART, P.S. y COSTERTON, J.W.** (2001) Antibiotic resistance of bacteria in biofilms. *The Lancet* **358**: 135-138.