

63



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CALIDAD DEL AGUA EN LA INDUSTRIA AVICOLA (ESTUDIO RECAPITULATIVO)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

GONZALO NICANDRO SALAZAR MATALI

ASESORES: MVZ JOSE ANTONIO QUINTANA LOPEZ
MVZ RENE ROSILES MARTINEZ



MEXICO, D. F.

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

**CALIDAD DEL AGUA EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA
(ESTUDIO RECAPITULATIVO)**

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la

Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del título de
Médico Veterinario Zootecnista

por

GONZALO NICANDRO SALAZAR MATALÍ

ASESORES: MVZ JOSÉ ANTONIO QUINTANA LÓPEZ
MVZ RENÉ ROSILES MARTÍNEZ

MÉXICO, D. F., 2002

Dedicatorias

*A mis padres por su ejemplo, confianza,
apoyo y amor ya que sin ellos no sería posible la
culminación de éste trabajo.*

Agradecimientos

A Dios por haberme puesto en el camino que ahora sigo y no haberme dejado caer en los momentos difíciles de mi vida.

A mis padres por apoyarme para conseguir mis metas e impulsarme a superarme cada día.

A mis hermanas con las que he contado toda mi vida y en todo momento.

A Daniela por su amor, comprensión, apoyo en los momentos difíciles y por ser conmigo la persona tan bella que es.

A mis asesores por su tiempo, dedicación y apoyo.

A todos mis amigos por compartir conmigo grandes momentos de mi vida y estar siempre conmigo.

A Benny Wintergerst y Julián Alarcón por ayudarme a llegar al lugar en el que estoy y motivarme a fijar metas más altas.

A Néstor Ledesma por la enseñanza que he recibido de él.

*A toda la gente del Departamento de Producción Animal:
A los por motivarme, instruirme y compartir conmigo todos sus conocimientos.*

A todos mis profesores por compartir conmigo sus conocimientos.

A mi Facultad ya que en ella he recibido mi instrucción profesional.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| I. RESUMEN..... | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN | 2 |
| III. PROCEDIMIENTO..... | 5 |
| IV. DESARROLLO..... | 6 |
| 1. Calidad del agua..... | 6 |
| 1.1 Propiedades químicas | 6 |
| 1.2 Propiedades biológicas..... | 8 |
| 1.3 Propiedades físicas | 9 |
| 1.4 Calidad del agua para los animales | 9 |
| 2. El agua en las aves | 11 |
| 2.1 Obtención del agua..... | 11 |
| 2.2 Contenido de agua en el pollo..... | 11 |
| 2.3 Calidad del agua en el rendimiento de pollos y pavos..... | 12 |
| 2.4 Cálculo del consumo de agua en pollos de engorda | 13 |
| 2.5 Factores que afectan el consumo de agua en las aves | 15 |
| 2.6 El agua como regulador para el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia en las aves | 18 |
| 2.7 El efecto del consumo de agua en el crecimiento diferencial de machos y hembras de pollo de engorda..... | 19 |
| 2.8 Signos de deficiencia de agua en las aves | 20 |
| 2.9 Consumo de agua en exceso en las aves..... | 21 |
| 2.10 Consumo de alimento humedecido con agua..... | 21 |
| 2.10.1 En el pollo de engorda | 22 |
| 2.10.2 En la gallina de postura | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 3. Manejo de los bebederos y equipo para suministrar agua en la industria avícola | 24 |
| 4. Enfermedades asociadas a la calidad del agua en las aves..... | 34 |
| 4.1 Sales en el agua y su efecto en la salud y producción de las aves..... | 34 |
| 4.2 Patología de la gota visceral en gallinas de postura inducida por la toxicidad del bicarbonato de sodio | 35 |
| 4.3 Síndrome ascítico y calidad del agua..... | 35 |
| 4.4 Botulismo y calidad del agua | 37 |
| 4.4.1 Fuentes de la toxina de <i>C. botulinum</i> tipo C | 38 |
| 4.5 Asociación de la dureza del agua con la incidencia del síndrome de hígado graso en gallinas de postura | 40 |
| 4.6 Predisposición a tumores hepáticos por toxinas de cianobacterias | 41 |
| 4.7 Efectos en el pH de la sangre con la adición de bicarbonato de sodio (NaHCO₃) y cloruro de amonio (NH₄CL) al agua de bebida de las aves | 43 |
| 4.8 Tolerancia de las gallinas al fluoruro en el agua de bebida | 43 |
| 5. El agua en la formación del huevo..... | 45 |
| 5.1 Balance de líquidos durante la formación del huevo | 45 |
| 5.2 La formación del cascarón y el agua..... | 46 |
| 5.3 Agua Salina en la producción de huevo | 47 |
| 5.3.1 Tratamientos paliativos para las gallinas que beben agua salina | 51 |
| 6. Contaminantes del agua de bebida en la industria avícola..... | 53 |
| 6.1 Efecto en el consumo de agua, alimento y ganancia de peso de las aves | 53 |
| 6.2 Efecto en la salud de las aves de producción..... | 54 |
| 6.3 Efectos del plomo en las aves..... | 54 |
| 6.4 Efecto de contaminantes ambientales en el sistema inmune de los pollos | 56 |
| 6.5 Efectos del cadmio en el sistema inmune de las aves..... | 57 |
| 6.6 Efectos de algunos contaminantes en diferentes órganos de las aves | 57 |

| | |
|---|----|
| 6.7 Efectos de algunos contaminantes en reproductores y gallina de postura..... | 59 |
| 6.8 Intoxicación por químicos y metales en el agua en la avicultura | 61 |
| 6.9 Intoxicación por cobre en las aves | 62 |
| 7. Sanitización del agua de bebida para las aves | 64 |
| 7.1 Importancia de la sanitización del agua de bebida..... | 64 |
| 7.2 Cloración del agua | 64 |
| 7.3 Suavizadores del agua | 67 |
| 7.4 Polifosfatos para el agua | 67 |
| 7.5 Enriquecimiento con oxígeno para sanitizar el agua | 67 |
| 7.6 Efecto del agua tratada con yodo en pollos de engorda | 68 |
| 8. Los desechos en la avicultura..... | 69 |
| 8.1 El fósforo y el agua potable | 69 |
| 8.2 Manejo de los desechos sólidos en la industria avícola para evitar la contaminación de los mantos freáticos | 70 |
| 8.3 Uso de los desechos de la industria avícola | 73 |
| 8.4 Impacto de la legislación de la calidad del agua en la industria avícola..... | 74 |
| 8.5 Manejo de los minerales en los desechos de la industria avícola..... | 75 |
| 8.6 Manejo de los desechos sólidos de la industria avícola y calidad del agua | 75 |
| 8.7 Lineamientos para la eliminación apropiada de desechos avícolas..... | 76 |
| 8.8 Mercados potenciales para los desechos de la industria avícola | 78 |
| 9. Requerimiento de agua para la industria avícola..... | 79 |
| 9.1 Tamaño de las tuberías para el abastecimiento de las casetas avícolas | 81 |
| 10. Impacto de la avicultura en la calidad del agua | 83 |
| 11. Toma y envío de muestras de agua para su análisis en el laboratorio.. | 84 |

| | |
|--|------------|
| 11.1 Recolección de muestras para análisis bacteriológico | 84 |
| 11.1.1 Muestreo superficial | 85 |
| 11.1.2 Muestreo de pozos y grifos | 85 |
| 11.1.3 Preservación y almacenamiento de las muestras de agua | 86 |
| V. CONCLUSIONES | 87 |
| VI. LITERATURA CITADA | 90 |
| VII. CUADROS | 100 |
| Cuadro 1. Calidad estándar del agua necesaria para la industria avícola . | 100 |
| Cuadro 2. Tamaño de las tuberías para el abastecimiento de las casetas avícolas | 101 |
| Cuadro 3. Efectos de algunos contaminantes en las aves | 102 |
| VIII. FIGURAS | 103 |
| Figura 1. Diseño de la red de abastecimiento de una granja con cuatro casetas | 103 |

I. RESUMEN

SALAZAR MATALÍ, GONZALO NICANDRO. Calidad del agua en la industria avícola: (Estudio recapitulativo). Bajo la dirección de José Antonio Quintana López y René Rosiles Martínez.

Se revisó la información de 72 referencias bibliográficas entre las que se encuentran manuales, libros, artículos de revistas arbitradas, y una Norma Oficial Mexicana, con respecto a la calidad del agua, para definir la calidad del agua para ser bebida por aves en producción. Así mismo el manejo de los bebederos y equipo para suministrar el agua a las aves. Se propone una forma científica de calcular el consumo de agua de los pollos de engorda en producción, bajo diferentes condiciones ambientales. Esto con el fin de dosificar con precisión los medicamentos que se incluyen en ocasiones en el agua de bebida. Se incluye una revisión de los problemas, lesiones y trastornos que se presentan en las aves cuando el agua de bebida contiene algunos contaminantes, o sales minerales en exceso. Se revisó a su vez el impacto de la industria avícola en la calidad de los mantos acuíferos y el adecuado manejo de los desechos para prevenir la contaminación del agua. Se incluye un cuadro con los límites máximos de los contaminantes más frecuentes en los mantos acuíferos, y un cuadro con las medidas de los tubos para abastecer las casetas avícolas de acuerdo al flujo de agua necesario. Se describe la metodología para tomar y conservar una muestra de agua para enviarla a analizar en el laboratorio.

II. INTRODUCCIÓN

El agua de bebida es un requerimiento importante para las aves y es un punto crítico que puede ser ignorado fácilmente. Bajo condiciones normales, las aves consumen el doble de agua que de alimento, esta cantidad varía de acuerdo a la estación, edad de las aves y el estado de salud. Se le llega a considerar el nutriente más importante, ya que solo la carencia de oxígeno es más crítica que la falta de agua para mantener la vida.

El agua es sin duda uno de los compuestos químicos más importantes en el cuerpo de los animales. Es esencial para el funcionamiento del organismo y es el principal componente de las células y de la sangre. Actúa en el transporte de nutrientes y de desechos metabólicos entre las células y en todo el organismo. Debido a su calor específico y a sus características de evaporación, el agua es el regulador más importante en la temperatura corporal.

El agua no solo es un nutriente, además disuelve los alimentos y transporta los demás nutrientes a través del cuerpo, es necesaria para la digestión y la absorción, y participa en la termorregulación, ya que se evapora a través de los pulmones y los sacos aéreos enfriando a las aves. El agua es indispensable para eliminar los desechos, lubricar las articulaciones, mantener la temperatura corporal y para una infinidad de reacciones químicas que tienen lugar dentro de las aves. Es el mayor componente en la sangre y es necesaria para formar los tejidos animales, entre ellos las masas musculares (carne) y el huevo.

El agua es básica para mantener la homeostasis, participa en reacciones controlando el pH, presiones osmóticas, concentraciones de electrolitos y otras funciones necesarias para la vida. Además el agua de bebida en la industria avícola es utilizada para hacer llegar a las aves electrolitos, medicamentos, vitaminas y vacunas.

Los pollos son capaces de sobrevivir mucho más tiempo sin alimento que sin agua. La privación de agua por un día en el pollo de engorda causa trastornos fisiológicos disminuyendo todos los parámetros productivos y en la gallina de postura puede provocar incluso pelecha o el cese de producción.

Un animal desnutrido puede perder casi todo su glicógeno y grasa, la mitad de las proteínas de su cuerpo y alrededor del 40 % del peso corporal y seguir vivo, mientras que la pérdida del 10 % de agua causa trastornos graves y la pérdida del 20 % causa la muerte, de ahí la importancia del aporte constante de agua en la producción animal.

Los avicultores vigilan el consumo de alimento, la producción de huevo, temperatura, ventilación, iluminación y mortalidad como factores asociados a la productividad, sin prestar igual atención a la calidad y cantidad de agua que consumen las aves.

Deficiencias en la calidad del agua pueden causar retrasos en el crecimiento, disminución en la producción y calidad del huevo, que incluso pueden pasar desapercibidos. En muchas ocasiones los productores asumen que la fuente de agua que utilizan es segura y tiene la calidad adecuada para ser bebida por las aves, este descuido permite que agua de mala calidad afecte la salud y el rendimiento de las parvadas.

Las aves sin acceso al agua por algunas horas, especialmente en ambientes calurosos, dejan de crecer, bajan su producción de huevos, reducen sus nacimientos, se deteriora la calidad del cascarón y la calidad interna del huevo aumentando la susceptibilidad a enfermedades.

El agua presenta gran variación en la calidad y es susceptible de ser contaminada, incluso por descargas de la misma granja. La contaminación puede alterar muchos factores en el agua que se pueden medir, como el pH, bacterias, dureza, y algunas sales minerales que se encuentran comúnmente en el agua como cloruros, yoduros y carbonatos.

Algunos contaminantes del agua pueden causar efectos adversos en la salud y el rendimiento de las aves, en ocasiones estos efectos pueden ser reversibles si se les proporciona a las aves agua potable, por lo que en ocasiones es necesario aplicar

tratamientos al agua para potabilizarla y así las aves vuelvan a tener una condición saludable y productiva.

En la actualidad la creciente contaminación con diversos materiales como sólidos inorgánicos disueltos, hacen necesaria una revisión estricta de los estándares de calidad del agua para la industria, ya que los estándares para la salud humana son usados frecuentemente como referencia, aunque esta práctica tiene la limitante de que algunos minerales se comportan de forma diferente en las aves.

Del total del agua que se consume en el país un 86 % se destina a la agricultura, y se calcula que de esta cantidad el 53 % se desperdicia por filtración al subsuelo, evaporación, fugas o aplicación en tecnología de riego inadecuada que no es rentable ecológica ni económicamente.

Los desechos de la industria avícola y la mortalidad de las mismas se pueden convertir en fuentes de contaminación si no se lleva a cabo un manejo de desechos eficiente, favoreciendo la proliferación de bacterias y virus patógenos, y produciendo sustancias solubles en agua, que podrán llegar a los mantos acuíferos superficiales o profundos contaminándolos.

La calidad del agua para consumo humano ya está estandarizada, no siendo así para las aves. Es seguro que una fuente de agua de calidad es necesaria para alcanzar los rendimientos que se necesitan en la actualidad en la industria avícola. El agua de mala calidad puede reducir la capacidad productiva o reproductiva de las aves y puede causar un problema biológico que actúe como barrera económica para la industria.

El tema de la calidad del agua y la producción avícola concierne a productores avícolas, investigadores, agencias ambientales estatales y federales, grupos ecologistas y consumidores.

III. PROCEDIMIENTO

El criterio que se tomó para el análisis de la información fue el siguiente:

Se trató de dar mayor relevancia a los trabajos realizados en México, así como a la información generada en el país, sin embargo, los artículos relacionados al tema son escasos, por otra parte no existe a la fecha una Norma Oficial Mexicana específica de la calidad del agua para consumo de los animales.

En segundo lugar se dio importancia a la problemática que representa el agua de mala calidad en la productividad de las explotaciones avícolas.

En tercer término se incorpora una revisión de los problemas de salud que se presentan en las parvadas debidos al agua de bebida de mala calidad.

Se realiza una revisión de las lesiones que se presentan en los animales que son expuestos a contaminantes en el agua de bebida y la patogenia de algunos contaminantes.

Por último se buscó la forma en la que impacta la industria avícola en la calidad del agua, así como la forma de prevenir que por un mal manejo de los desechos en la industria se contamine el agua de pozos y tomas de agua potable.

En todos los temas tratados se procuró confrontar la información presentada por diferentes autores, y de diferentes regiones geográficas, incluso de diferentes épocas, ya que en la información encontrada existe gran variación de resultados, así como de diseños experimentales.

IV. DESARROLLO

1. Calidad del agua

Las tomas de agua domésticas son analizadas regularmente por las autoridades para detectar contaminantes. Las tomas privadas o pozos deben ser analizadas por quien hace uso de ellas para asegurarse de su calidad.¹

Las pruebas más comunes que se realizan al agua son pH (nivel de iones de hidrógeno en el agua), alcalinidad total, dureza total, sales, cloro, oxígeno disuelto, metales y agentes patógenos. Algunas veces el agua debe ser analizada para detectar metales pesados, como cobre, plomo, mercurio y zinc, o para encontrar agentes tóxicos como compuestos orgánicos volátiles (COV), pesticidas o insecticidas como el DDT. En algunas zonas podrían recomendarse pruebas para detectar radiación.²

1.1 Propiedades químicas

El pH determina la acidez o alcalinidad en una escala numérica, y va de 0 a 14, considerándose el 7 como neutral; el pH deseado en el agua para el consumo de humanos y animales se considera entre 6.5 y 8 (Cuadro 1).¹

La alcalinidad total del agua es una medida que refleja la capacidad para neutralizar ácido, que se expresa comúnmente en miligramos de carbonato de calcio (CaCO_3) por litro. El agua en la naturaleza debe tener entre 50 y 500 mg de CaCO_3 por litro. Estas variaciones se deben a los suelos y rocas por los que atraviesa el agua de forma natural, aunque variaciones súbitas en los valores pueden indicar contaminación.¹

El agua también contiene materiales sólidos disueltos y minerales, los que se expresan como sólidos totales disueltos (STD). Los STD representan los minerales solubles y sales contenidos en el agua especialmente calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos y silicio. Estas sustancias en exceso pueden afectar a

las máquinas y equipos utilizados en la industria, obstruyendo tubos, o corroyendo llaves y sellos o empaques, su presencia en el agua se asocia generalmente a descargas de las industrias.¹

Los STD afectan la germinación y el crecimiento de las plantas en el caso de la agricultura y en el caso de los animales la palatabilidad del agua. El agua de bebida no debe contener mas de 500 mg de STD por litro, mientras que el agua para la agricultura puede tener hasta 1,500 mg/L (Cuadro 1).¹

Las aguas duras contienen concentraciones altas de calcio y magnesio, el máximo aceptable para la industria avícola son 110 ppm de dureza total, y un agua se define como muy dura cuando contiene 180 ppm (Cuadro 1), son aguas con las que no puede espumar el jabón y cuando se calientan dejan en los recipientes o en los tubos incrustaciones visibles. Se puede dar un tratamiento para suavizar el agua, pero esto aumenta la cantidad de sodio en el agua. Cuando se aplica un tratamiento para potabilizar se debe observar que el sodio no exceda los 20 mg/L.¹

El hierro (suspendido y disuelto) causa problemas si excede los 0.3 mg/L, una concentración mayor de hierro le da al agua un color café rojizo y mal sabor (Cuadro 1), este tipo de agua afecta el crecimiento de los pavos.¹

Los cloruros en el agua no deben exceder 250 mg/L, de lo contrario el agua tendrá un sabor salado. Cuando se encuentran cloruros en exceso puede deberse a contaminación por agua de drenajes.¹

Los sulfatos no deben exceder tampoco los 72 mg/L porque en concentraciones mas altas presentan efecto laxativo (Cuadro 1), los sulfatos pueden provenir de filtraciones de depósitos naturales de sulfato de magnesio (sales de Epsom) o de sulfato de sodio.¹

Los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) causan problemas de salud para los humanos y los animales, incluyendo las aves. Su presencia en aguas superficiales o profundas en grandes cantidades indica fallas en los tanques sépticos, campos sobrefertilizados, o algún otro problema como un manejo inadecuado de fertilizantes en el campo. El

nitrógeno de nitratos en el agua no debe exceder 10 mg/L; y los nitritos que se convierten a nitratos no deben exceder 1 mg/L.¹

Los agentes clorados y gases clorados son desinfectantes potentes y agentes oxidantes, en el agua de bebida deben estar presentes solo en 0.05 mg/L; aunque, en el agua potable de tomas públicas se encuentra un pequeño residuo de estos componentes, el cual asegura su potabilidad.¹

El oxígeno disuelto (OD), es importante para la vida acuática, y puede ser un indicador de la contaminación en el agua. Con niveles menores a 3 mg/L los peces pueden entrar en estrés o morir. Generalmente en el agua común se encuentran niveles de 7 a 14 mg/L. Aunque el OD cuando se acerca a niveles de 14 mg/L en días soleados puede indicar un gran crecimiento de algas y contenido de materia orgánica (eutroficación: que se define como la sobreproducción de materia orgánica en el agua).¹

1.2 Propiedades biológicas

En aguas superficiales, la proliferación de la vegetación y los animales acuáticos puede ser favorecida o limitada por varios factores de calidad del agua como el pH, los nutrientes presentes (nitrógeno y fósforo), la turbidez, entre otros. El crecimiento y la decadencia de los ciclos biológicos tienen efectos colaterales adversos en la calidad del agua. Incluso sustancias benéficas pueden causar daño cuando se encuentran en abundancia, por ejemplo, el nitrógeno orgánico de desechos animales y suelos pueden causar filtraciones que carguen de nutrientes el agua (a la filtración de nutrientes por el suelo se le llama lixiviación), cuando el agua contiene un exceso de nutrientes se favorece la eutroficación de los mantos de agua y lleva a la disminución del OD en el agua.¹

Las tomas privadas de agua deben analizarse dos veces al año de manera ideal, o por lo menos una, para detectar la presencia de bacterias coliformes. La prueba para coliformes fecales puede distinguir entre bacterias que habitan en suelos y plantas y

las bacterias encontradas en animales de sangre caliente. Las bacterias coliformes fecales en el agua provocan principalmente trastornos intestinales y diarreas.¹

Otras pruebas bacteriológicas pueden identificar muchas clases de bacterias en el agua, pero no distinguen las bacterias peligrosas de las que no representan peligro. Las pruebas de *Streptococcus* sp, *Shigella* sp, *Salmonella* spp, *Staphylococcus* sp, y otras bacterias pueden hacerse necesarias bajo ciertas condiciones. Estas pruebas son específicas, llevan tiempo y son costosas. Existen también pruebas para virus, protozoarios y parásitos.¹

1.3 Propiedades físicas

Las características físicas del agua incluyen la turbidez, color, olor, sabor y temperatura. La presencia de espuma es indicadora de sustancias orgánicas disueltas, que puede ser indicativa de contaminación proveniente de drenajes.¹

Las partículas suspendidas enturbian el agua, y las sustancias disueltas pueden alterar el olor y el sabor. La turbidez por material suspendido reduce la penetración de la luz. El color puede producir rechazo de los animales a beber el agua. El olor y el sabor pueden resultar de metales disueltos, gases, materiales orgánicos, o químicos.¹

1.4 Calidad del agua para los animales

Cuando el aire está en contacto directo con el agua en cualquier etapa dentro de la granja se puede contaminar con polvo, levaduras, hongos o bacterias. Si el agua se mantiene almacenada por mucho tiempo en algún depósito o a temperaturas altas su calidad decae rápidamente, esto se puede manifestar por cambios en el sabor y olor, además de que puede aumentar su contenido microbiano.³

La temperatura del agua y el sabor son componentes importantes de la calidad del agua. Estos hacen el agua atractiva para los animales (asegura que los animales no rehúsen ingerir la cantidad suficiente) y pueden indicar otros problemas como la

presencia de contaminantes, exceso de acidez, o el exceso de sodio. Mientras que muchos elementos pueden causar mala calidad del agua, la interacción entre los elementos es tal vez mas importante que su simple presencia. Los productores deben preocuparse si la fuente de agua que utilizan contiene uno de los siguientes elementos:

- a) Altas concentraciones de bacterias, en especial coliformes.
- b) Sólidos disueltos como material orgánico, inorgánico o agentes tóxicos.
- c) Turbidez: materiales en suspensión.
- d) Características físicas desagradables, como sabor amargo, dureza, olores o apariencia turbia.¹

En el Cuadro 1 se presentan las concentraciones máximas aceptables de contaminantes en el agua para la industria avícola.

2. El agua en las aves

2.1 Obtención del agua

Las aves obtienen el agua a partir del agua que beben y de la humedad contenida en el alimento.⁴ En adición, existe una producción interna de agua como producto final de la oxidación de carbohidratos, grasas y proteínas. Los camellos, perros y borregos sustituyen una gran parte de su necesidad de agua a partir de las fuentes de agua alternas.⁵ Los pollos en cambio requieren una fuente constante de agua limpia y fresca para obtener un óptimo crecimiento, producción y eficiencia en la conversión alimenticia.⁶ Las dietas comerciales de los pollos contienen aproximadamente 10 % de humedad.⁵

La cantidad de agua en el buche favorece el tránsito y la digestibilidad del alimento. Se ha postulado que existe un mecanismo de retroalimentación que controla la cantidad de agua presente en el buche, una parte de ésta, proviene del agua de bebida, mientras otra parte es movilizada de los fluidos corporales hacia el buche. La administración forzada de un exceso de agua en el buche causa disminución en el consumo de alimento y retraso en el crecimiento.⁵

2.2 Contenido de agua en el pollo

En un pollito de una semana de edad, el contenido de agua es del 85 % y va disminuyendo gradualmente al aumentar la edad, alcanzando un 55 % cuando el pollo tiene 42 semanas de edad, este valor se refiere al ave completa, incluyendo piel, huesos y anexos cutáneos, la cantidad de agua en la carne del pollo es de alrededor del 70 %. Aunque hay algún incremento en proteínas, la mayor parte del agua es sustituida por grasa. El contenido de agua en un huevo completo es del 65 %.⁵

2.3 Calidad del agua en el rendimiento de pollos y pavos

En esta revisión, cuando se expresa que la conversión mejora se debe interpretar que el ave debe comer una menor cantidad de alimento para aumentar un kilogramo de peso, asimismo cuando se expresa un efecto negativo en la conversión se debe interpretar que el ave comerá más alimento para aumentar un kilogramo de peso.

En un estudio de calidad del agua en 300 granjas de pollos y 100 de pavos en el estado de Arkansas en Estados Unidos se correlacionaron los factores de calidad del agua con conversión alimenticia, ganancia de peso, viabilidad y decomisos en rastro a los 49 días de edad en el caso de los pollos y 130 días de edad en el caso de los pavos. En este trabajo no se especifican las cantidades de minerales consideradas como altas o bajas, únicamente se utilizan estos términos de manera subjetiva asociados a los diferentes parámetros productivos que se describen a continuación.⁷

En el caso de los pollos la cantidad de nitratos es el único parámetro que tiene efecto significativo en el rendimiento, un alto nivel de nitratos en el agua tiene un efecto detrimental en la productividad, se encontró que la conversión mejora al incrementar el calcio en el agua, mientras que el magnesio tiene un efecto negativo en la conversión alimenticia.⁷

El oxígeno disuelto, bicarbonato, dureza, calcio y magnesio mejoran el peso al sacrificio, mientras que los nitratos se correlacionan negativamente con el mismo parámetro.⁷

El calcio y el potasio disminuyen la viabilidad de la parvada (el índice de viabilidad expresa en porcentaje la supervivencia de las aves al final de la engorda). Este efecto detrimental del calcio en la viabilidad es opuesto a la mejora que ofrece en la ganancia de peso. Estas aseveraciones tienen una significancia de ($P < 0.09$). El autor refiere que una explicación puede ser que el calcio interfiere con la vacunación en el agua, por lo que se presentan más enfermedades y disminuye la viabilidad, aunque esto parece ser una suposición, ya que no se evaluó la vacunación y tampoco la respuesta a las vacunas.⁷

Aunque el autor refiere que el calcio y los nitratos en el agua se relacionan con un mayor número de decomisos en el rastro, no sugiere una posible explicación al respecto y tampoco menciona con que se asociaron los decomisos.⁷

En los pavos altas cantidades de calcio, magnesio y bicarbonato, así como la dureza y el índice de corrosión (que asigna un valor numérico a la corrosividad del agua) mejoran el índice de conversión alimenticia, de manera inversa altas cantidades de fosfatos y amoníaco empeoran éste parámetro.⁷

El calcio, magnesio, oxígeno disuelto, zinc, dureza e índice de corrosión mejoran la ganancia de peso en los pavos.⁷

El magnesio en el agua disminuye la viabilidad en los pavos, éste metal y el índice de corrosión incrementan los decomisos, mientras que el potasio, zinc, nitratos y fosfatos se correlacionan negativamente con los decomisos, aunque el autor (Barton, 1996) refiere que éste efecto no fue observado en todas las granjas y tampoco las causas de mortalidad y de los decomisos.⁷

El índice de corrosión se deriva del pH, la dureza, y la alcalinidad total, esta no es una medida cuantitativa de corrosión, pero es un indicador general de la tendencia a la corrosión que puede presentarse. Con alto índice de corrosión hay una correlación negativa con la conversión alimenticia, por lo que mejora la conversión con bajo índice de corrosión. Lo mismo ocurre con el peso corporal, a menor índice de corrosión en el agua hay un mayor crecimiento.⁷

2.4 Cálculo del consumo de agua en pollos de engorda

Debido a que el agua de bebida en la industria avícola es utilizada para suministrar vacunas, vitaminas, electrolitos y antibióticos a las aves, la capacidad de predecir el consumo de agua en los pollos comerciales es importante. El agua que el pollo va a consumir debe de ser calculada de la manera más exacta posible para que cada ave reciba la dosis del aditivo indicada.⁴

También se debe considerar el consumo de agua para evitar que las heces sean muy húmedas y así aumente la humedad de la cama y de las casetas.⁴

La manera más común que se utiliza para predecir el consumo de agua es por la relación que existe con el consumo de alimento, se considera como la "regla de oro" que las aves deben consumir el doble de agua que de alimento, es decir una relación 2:1, pero esta regla puede sobreestimar el consumo de agua en una parvada. Si se aplica esta regla puede ayudar parcialmente a calcular cuanta agua deben beber los pollos, si es que se sabe con exactitud cuanto alimento consumen.⁴

Los pollos en condiciones normales deben consumir de 2.0 a 2.5 gramos de agua por gramo de alimento en los periodos de inicio y crecimiento, y de 1.5 a 2.0 gramos de agua por gramo de alimento en las gallinas de postura.⁴ Una gallina necesita 32 gramos de agua para poner cada huevo.⁵

El consumo de agua de los pollos a cualquier edad puede predecirse de manera muy exacta multiplicando la edad en días por el coeficiente 5.28 ml/día, aunque se puede afinar un poco más este modelo utilizando un ajuste estacional, el coeficiente será 5.1 ml/día para los meses fríos y por 5.7 ml/día en los meses más cálidos.⁴

Es importante distinguir los términos "agua consumida" de "agua desaparecida", ya que el agua que desaparece del bebedero no necesariamente es consumida por las aves, en bebederos abiertos puede haber un 30 % de pérdida por evaporación en pollitos de un día, reduciéndose esta pérdida hasta el 4 % a los 14 días de edad de los pollos con el mismo tipo de bebederos. La pérdida por evaporación únicamente concentra los solutos en el agua, pero los aditivos quedan disponibles para que las aves los consuman y reciban la dosis administrada. Sin embargo el goteo y las salpicaduras es una pérdida real, ya que el agua que cae al suelo lleva los aditivos que se debían suministrar a los pollos.⁴

Existen una gran cantidad de estirpes tanto de pollo de engorda como de gallina de postura, en la industria avícola se acostumbra denominar estirpes a las diferentes líneas que ofrecen las casas comerciales. Esto es importante ya que existen diferencias significativas en el consumo de agua de las diferentes estirpes, este efecto

se debe únicamente a la estirpe, ya que estirpes diferentes en las mismas condiciones de alojamiento y con el mismo alimento presentan consumos de agua diferentes, siempre las estirpes con mayor consumo de agua tienen heces con mayor contenido de humedad, esto es importante por que las heces con exceso de humedad son problemáticas para el manejo de las camas.⁸

2.5 Factores que afectan el consumo de agua en las aves

Los pollos de manera natural beben agua de fuentes que se encuentran al nivel del suelo, y alzan la cabeza para dejar que el agua fluya por el esófago. El movimiento de alzar la cabeza se coordina con la respiración por medio de un acto reflejo.⁶

Obtener agua de un punto alto no es el comportamiento natural de las aves, lo que se agrava cuando el ave está jadeando. El pollo tiene dificultad para coordinar el paso del agua por el esófago con la respiración ya que el ave solo puede coordinar el paso del agua por el reflejo al levantar la cabeza. También existe la posibilidad de que el pollo no pueda coordinar su respiración con el movimiento necesario para accionar el bebedero de niple y obtener el agua.⁶

Si la temperatura ambiental en la caseta se incrementa a partir de la temperatura de la zona de neutralidad (15° a 25° C) el pollo empieza a jadear, por lo que incrementa la evaporación de agua desde los pulmones; aumentando la necesidad de agua y disminuyendo el consumo de alimento. En adición a la disipación de calor por evaporación en los pulmones, la excreción por parte de los riñones aumenta, por lo que se incrementa de humedad de las heces. Este mecanismo es indispensable para mantener al pollo con la temperatura adecuada para sobrevivir. El consumo de agua puede aumentar en un 100 % cuando la temperatura ambiental aumenta de 21° a 32 ° C.⁹

Muchos factores pueden incrementar o disminuir el consumo de agua y su excreción. Entre estos se encuentran los niveles de sodio y potasio en la dieta, el nivel de proteína, fibra y algunos aditivos en la dieta, como las enzimas. Algunos aditivos incrementan el consumo de agua, algunos otros lo disminuyen.⁵

La cantidad de cloruro de sodio en la dieta es un factor que influye directamente en el consumo de agua, a mayor cantidad de sal en la dieta, el consumo de agua aumenta. Un mayor consumo de agua en los pollos se relaciona inversamente con la cantidad de grasa abdominal al sacrificio, por lo que se ha utilizado en ocasiones una mayor cantidad de sal en la dieta para favorecer el consumo de agua de los pollos y así reducir la cantidad de grasa abdominal.¹⁰

Las aves son muy sensibles a la temperatura del agua, ya que si el agua se siente tibia al tacto los pollos rehusarán beberla, aunque las gallinas pueden mejorar su consumo de agua y su producción si se les ofrece agua tibia en climas muy fríos. Las enfermedades como coccidiosis y bronquitis infecciosa reducen el consumo de alimento y de agua.¹¹

La presencia de camas húmedas es común en la cría de pollitas y de reproductores, ya que debido a la restricción alimenticia puede haber un exceso en el consumo de agua por ocio, este incremento en el consumo de agua no es fisiológico porque los animales pueden reducir su consumo de agua un 40 % sin que se vean efectos en la ganancia de peso corporal o en el consumo de alimento.⁴

Cuando los pollos se crían con temperaturas cíclicas, consumen más agua en las horas que la temperatura es más alta, cuando se someten a un régimen de temperaturas cíclicas en el que la temperatura varía diariamente en el mismo rango, el primer día que sube la temperatura es cuando consumen más agua, en los días subsiguientes los pollos siguen consumiendo más agua en las horas más calientes del día aunque el consumo ya no es tan alto como en los primeros días, lo que sugiere que los pollos van adaptándose a las temperaturas altas y ya no es necesario un consumo tan alto de agua en los días posteriores.¹¹

Cuando la temperatura sube, el aumento en el consumo de agua se ve seguido por una disminución en el consumo de alimento.¹¹

El mayor consumo de agua en los pollos es el principal factor que se asocia con la supervivencia de los mismos al estrés calórico, ya que los pollos que beben más

agua y pierden menos electrolitos mantienen su balance electrolítico sobreviviendo así al estrés calórico. Esto depende de que el pollo pueda adaptarse a consumir más agua y excretarla sin perder electrolitos. Se ha demostrado que los pollos con 3 a 5 días de adaptación al calor lo resisten mejor.¹¹

El tipo de caseta no tiene un efecto en el consumo de agua, aunque los pollos alojados en casetas cerradas con ventilación mecánica son ligeramente más pesados y tienen mejor conversión que los que se encuentran en casetas convencionales con cortinas automáticas, a los 42 días de edad el consumo en los dos es prácticamente idéntico.⁴

Los alimentos que contienen mayor cantidad de proteína favorecen el consumo de agua en los animales, además de una menor deposición de grasa en el abdomen de los pollos, por lo que se ha asociado que un mayor consumo de agua ayuda a reducir la cantidad de grasa que se deposita en el abdomen de los pollos. Estos datos concuerdan con el concepto de que menor grasa abdominal se asocia con una alta eficiencia alimenticia y alto consumo de agua.¹²

Los alimentos de las aves comerciales pueden ofrecerse en forma de harina (polvo), migajas (partículas de mayor tamaño pero irregulares) y en forma de pellet (partículas de mayor tamaño y de forma regular). Los alimentos en migajas durante los primeros 19 días de la crianza también favorecen un mayor consumo de agua con respecto al alimento en harina expresado como relación agua-alimento.¹²

Se ha sospechado que los coccidiostatos causan problemas por humedecimiento de las camas debido a que favorecen un aumento en el consumo de agua. En la literatura revisada se encontró que solo el Lasalocid sódico en la dosis de 110 mg/Kg aumenta ligeramente el consumo de agua en las aves en los primeros 21 días de vida.¹³

2.6 El agua como regulador para el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia en las aves

El consumo de alimento ha sido identificado como el mayor factor relacionado a la mejora genética en el crecimiento de los pollos, recientemente el consumo de agua también ha demostrado tener un papel importante favoreciendo el crecimiento acelerado de los pollos.¹⁴

Existe mucha información que muestra la relación entre el rápido crecimiento de los pollos y un alto consumo de alimento, pero no se conoce mucho acerca del consumo de agua con relación al rápido crecimiento.¹⁴

Las estirpes seleccionadas para un crecimiento rápido presentan mayor consumo relativo de agua, además cuando esas líneas se someten a restricción alimenticia consumen más agua que líneas de crecimiento más lento. El mayor consumo de agua resulta en más humedad y menos grasa en la canal. El consumo de agua sugiere que las líneas seleccionadas para crecimiento rápido modifican su patrón de consumo tanto de agua como de alimento.¹⁴

Cuando se restringe el agua a los pollos la conversión alimenticia empeora, también cuando se restringe agua y alimento, en comparación con los animales que reciben alimentación y agua *ad libitum*.¹⁴

El consumo de agua en aves de rápido crecimiento es similar hasta los 14 días de edad cuando se comparan grupos en que se restringe el alimento con grupos alimentados *ad libitum*, a partir de los 15 y hasta los 28 días las aves con restricción de alimento consumen menos agua que las que se alimentan *ad libitum*.¹⁴

Aunque el consumo de alimento es un factor importante que explica las diferencias genéticas en la tasa de crecimiento, el consumo de alimento por sí solo no responde a toda la diferencia en el crecimiento observada entre las líneas de rápido crecimiento en comparación con las de crecimiento más lento.¹⁴

Cuando se restringe el alimento a las aves de mayor crecimiento, su consumo de agua es similar al de grupos alimentados *ad libitum*, aunque, cuando el agua se restringe en aves de crecimiento rápido el consumo de alimento es igual que el de aves de crecimiento más lento alimentadas *ad libitum*, esto se debe a que el consumo de agua es un regulador importante para el consumo de alimento.¹⁴

2.7 El efecto del consumo de agua en el crecimiento diferencial de machos y hembras de pollo de engorda

Las líneas genéticas seleccionadas para crecimiento rápido se caracterizan por un apetito incrementado. El consumo de alimento, consumo de agua y la eficiencia alimenticia contribuyen a la diferenciación por sexo en el crecimiento temprano del pollo de engorda (los machos crecen más rápido que las hembras).¹⁵

Las diferencias entre los sexos en peso corporal, consumo de alimento y de agua es insignificante desde las primeras horas después de la incubación, hasta los 14 días de edad.¹⁵

El consumo de alimento no se afecta por la restricción de agua los 2 primeros días de edad, pero a partir del segundo día de edad las aves con restricción de agua consumen menos alimento que controles con agua *ad libitum*. Los machos y las hembras que reciben agua *ad libitum* a partir de los 2 días de edad son significativamente más pesados que los que se alojan con restricción de agua, sobretodo los machos después de los 10 días de edad. En el caso de las aves con restricción de agua no existen diferencias en el peso entre machos y hembras hasta los 18 días de edad.¹⁵

El consumo de agua de machos con acceso *ad libitum* es mayor que el consumo de agua de las hembras en las mismas condiciones desde el primer día, esto indica que los machos tienen desde el inicio un consumo mayor de agua.¹⁵

El consumo de alimento de las aves con restricción de agua es idéntico en machos y hembras, lo que sugiere que con el mismo consumo de agua existe el mismo

consumo de alimento siendo independiente al sexo del ave. El consumo de alimento reducido de los machos y hembras que tienen restricción al agua se puede deber a que esas aves consumen solo el alimento necesario para mantener la misma relación agua-alimento que las que se alojan *ad libitum*.¹⁵

Cuando existe un retraso para acceder al agua de los pollitos recién nacidos tardarán aproximadamente 6 días en reestablecerse la relación agua-alimento en comparación con pollitos que reciben agua desde el inicio.¹⁵

La eficiencia alimenticia de machos y hembras *ad libitum* es significativamente más alta ($p < 0.05$) que la de las mismas aves con acceso restringido al agua del primero al tercer día de edad. La eficiencia alimenticia de machos y hembras con restricción de agua, cuando consumen la misma cantidad de alimento, indica que la diferencia en el crecimiento de los machos es debido a la mayor cantidad de agua y alimento y no tanto a la eficiencia en la utilización del alimento.¹⁵

2.8 Signos de deficiencia de agua en las aves

Una reducción en el consumo de agua del 20 % produce una disminución marcada en la eficiencia alimenticia; es decir, los pollos necesitan consumir una mayor cantidad de alimento para producir cada kilogramo de carne, además del retraso en el crecimiento proporcional a la privación de agua. La privación de agua reduce la velocidad de digestión porque hace más lento el tránsito del alimento desde el buche.⁵

Los pollitos sujetos a una privación prolongada de agua desarrollan nefrosis y policitemia, resequedad en la piel de las piernas y otros signos de deshidratación.⁵

Las gallinas privadas de agua muestran necrosis de los ovarios, proventriculitis y nefrosis, decremento en el tamaño de los huevos y en el peso del cascarón. Después de 48 horas sin agua las gallinas producen huevos con cascarones muy delgados, seguidos de algunos huevos en fáfara antes de que la producción cese por completo.⁵

2.9 Consumo de agua en exceso en las aves

No existe evidencia de que los pollos voluntariamente consuman un exceso de agua. La administración forzada de exceso de agua en el buche causa una disminución del consumo de alimento y retraso en el crecimiento.⁵

El aumento en el consumo de agua puede deberse a que el pollo se encuentra en situación de estrés por calor ó tiene problemas para mantener su temperatura corporal ó que la dieta contiene un exceso de sodio, potasio, lactosa, o alguna otra sustancia que deba ser diluida y excretada.⁵

2.10 Consumo de alimento humedecido con agua

El agua es esencial para la digestión y el metabolismo de los nutrientes, y el consumo de agua está relacionado en los animales con la cantidad de materia seca que consumen. A las aves de manera comercial se les proporciona agua y alimento seco, lo que se puede definir como dos alimentos con diferentes cantidades de agua como nutriente esencial.¹⁶

Los experimentos que se han realizado con ratas demuestran que cuando se les ofrece alimento en forma húmeda, mejoran el consumo, ganancia de peso y digestibilidad, lo que ha motivado realizar experimentos similares en las aves.¹⁶

Los alimentos secos en la industria avícola presentan varias ventajas contra los alimentos humedecidos, que solo se prefieren bajo condiciones de estrés calórico, en las que las aves disminuyen mucho su consumo de alimento.¹⁶

Cuando se les ofrece a los animales una variedad de alimentos con diferente balance de nutrientes, estos desarrollan la habilidad de consumir la cantidad necesaria de cada uno de ellos para balancear su dieta de acuerdo a sus necesidades de los nutrientes en particular. Sin embargo cuando se ofrece un solo alimento con una concentración baja de algún nutriente, los animales consumen una cantidad mayor del alimento para alcanzar el balance óptimo del nutriente que se encuentra con

deficiencia en el alimento. Ésta observación ha motivado a investigar si al dar a las aves únicamente el alimento humedecido con una cantidad de agua menor a la que las aves consumirían de los bebederos se puede estimular el consumo de materia seca y a su vez el crecimiento de las aves, pero los resultados de las investigaciones son desfavorables, ya que el índice de conversión empeora debido a que la cantidad de agua que las aves ingieren es baja.¹⁶

La digestibilidad del alimento se incrementa cuando éste se ofrece humedecido. La mejora en la digestibilidad responde a una solubilización más rápida de los nutrientes del alimento ya que se encuentran húmedos desde antes de que el animal los ingiera.¹⁶

El aumento en el peso corporal de los animales alimentados con dietas húmedas, responde a un incremento en la deposición de proteínas y grasa, sin observar diferencias en la composición de las canales. La dieta húmeda provoca aumento en el peso del hígado, molleja, buche e intestino.¹⁶

Industrialmente sería difícil utilizar los alimentos húmedos, ya que se necesitaría modificar por completo la infraestructura de los sistemas de alimentación. El diseño del equipo debería asegurar una mezcla adecuada de la dieta con el agua, evitar que el alimento humedecido permanezca demasiado tiempo en el comedero, ya que se puede fermentar y favorecer la proliferación de hongos, y con ello la producción de micotoxinas. Además de que ofrecer alimentos húmedos requiere mayor mano de obra.¹⁶

2.10.1 En el pollo de engorda

En pollos de engorda el consumo de alimento, ganancia de peso y peso de canal, se mejora significativamente cuando se ofrece el alimento en forma húmeda, sin existir diferencias entre cuatro cantidades diferentes de agua (de 1.5 a 2.25 Kg de agua por Kg de alimento).¹⁶

2.10.2 En la gallina de postura

Las pollitas de estirpes ligeras no incrementan su consumo cuando se les ofrece alimento en forma húmeda, pero mejoran su ganancia de peso.¹⁶

El alimento húmedo aumenta el consumo y los parámetros productivos en las épocas de calor, pero a temperaturas más frías reduce el consumo. Esto parece significar que la simple adición de agua no mejora los parámetros bajo las condiciones normales de temperatura. Por lo que las dietas humedecidas deben ser usadas solo bajo condiciones especiales de temperatura ambiental elevada. En gallinas de postura bajo estrés calórico (a 33.3 °C), cuando se les agregan 400 ml de agua por Kg de alimento incrementan su consumo un 38 %.¹⁶

3. Manejo de los bebederos y equipo para suministrar agua en la industria avícola

En la actualidad las granjas utilizan generalmente sistemas automáticos de bebederos, siendo los más populares los de campana, de copa y de niple.¹⁷

La adición de medicamentos, vitaminas, ácidos orgánicos y otras sustancias al agua puede causar la acumulación de incrustaciones en el sistema de reparto de agua de bebida. Las incrustaciones acumuladas pueden causar problemas de funcionamiento al equipo, además de que, forman un medio de cultivo en el que pueden crecer bacterias nocivas para las aves. Existe la posibilidad de que estos microorganismos afecten la eficiencia de medicamentos, vacunas y vitaminas, además de que pueden causar directamente infecciones o intoxicaciones a las aves.¹⁸

Cuando el consumo de agua es bajo, el agua corre muy lento en la línea de bebederos, por la noche el agua permanece estancada en el sistema y los microorganismos pueden proliferar. Esto es más grave cuando la temperatura en la caseta es alta (primeros días de edad). Cuando la toma de agua de la cisterna no está hasta el fondo queda un espacio muerto en el que los residuos se pueden acumular fácilmente.¹⁸

Es recomendable contar con un medidor de agua a la entrada de cada caseta para conocer la cantidad que están bebiendo las aves por día; este equipo es útil también para identificar cambios abruptos en el consumo de agua, ya que una baja en el consumo puede ser el primer signo de algún problema en la salud de las aves o puede indicar una obstrucción o mal funcionamiento del sistema, por el contrario un aumento en el consumo puede asociarse a temperaturas altas en la caseta o a goteras y fugas de agua en el sistema, existen varios tipos de medidores, incluso algunos cuentan con dispositivos que guardan el registro del consumo.¹⁸

Muchos de los bebederos comerciales se pueden utilizar para la etapa de crianza y para la producción de huevo. Los bebederos de campana y de canal se encuentran suspendidos a unos centímetros del suelo, y cuentan con válvulas que regulan el paso del agua al bebedero, es muy común que el bebedero esté suspendido a una la altura

mayor a la que se recomienda, por lo que no le permite alcanzar el agua a los pollitos.¹⁸

Los bebederos de canal pueden utilizarse para la crianza después de las 2 semanas y durante toda la vida de las aves, incluso en gallinas de postura, este tipo de bebederos ya casi no se usa.¹⁸

En ocasiones se instalan al lado de los tinacos dosificadores, que son dispositivos mecánicos y automáticos que mezclan medicamentos, desinfectantes o vacunas desde un contenedor hacia la línea del agua, es muy importante supervisar el funcionamiento adecuado de estos, para que la dosis del aditivo sea administrada y mezclada al agua en forma correcta.¹⁸

Los pollitos generalmente aprenden rápido a beber, debiendo recibir agua a más tardar a las 24 horas posteriores al nacimiento, cualquier retraso ocasionará deshidratación, y los pollitos deshidratados es más difícil que inicien la actividad normal de la parvada, por lo tanto retrasan el inicio del consumo de agua.¹⁸

Además de tener el número adecuado de bebederos, es importante cerciorarse que todos los pollitos están bebiendo después de haberlos colocado debajo de las criadoras. El agua debe proporcionarse a los pollitos por lo menos 3 horas antes que el alimento. Se recomienda que los bebederos estén llenos 4 horas antes de que lleguen los pollitos a la granja, esto permitirá que el calor de las criadoras atempere el agua. La temperatura del agua a la llegada de los pollitos debe ser de 18° C. El agua con la que se recibe a los pollitos debe ser limpia y fresca.¹⁸

Para cada 100 pollitos en crianza se recomienda disponer 2 bebederos de tipo vitrolero con capacidad de 1 galón las primeras 2 semanas de vida. Los bebederos se colocan hacia la periferia del rodete, sobre la cama, para que los pollitos puedan acceder con facilidad al agua. Después de 2 días se recomienda colocar los bebederos sobre plataformas de 2.5 centímetros de altura para evitar que el agua se ensucie con el material de cama.¹⁸

La disponibilidad de superficie de agua es un criterio que tiende a aplicarse más que la cantidad de agua en el bebedero; esto significa que es mejor tener varios bebederos pequeños que menos bebederos de mayor tamaño.¹⁸

Los bebederos tipo vitrolero y de otros tipos deben ser limpiados y el agua cambiarse diariamente. Se puede agregar al agua un desinfectante para garantizar la inactivación de microorganismos y para prevenir el crecimiento de lama en los bebederos.¹⁸

Algunos avicultores utilizan antisépticos en el agua de bebida para prevenir la presentación de enfermedades, pero puede resultar detrimental en el caso de que se administren vacunas en el agua de bebida, ya que los antisépticos pueden reducir la eficiencia de la vacuna o incluso inactivarla por completo.¹⁸

La adición de azúcar en el agua para recibir a los pollitos reduce la mortalidad en los primeros días de crianza, pero no tiene mayor efecto en el peso de los pollos. Comúnmente se utiliza una solución de 8 % de azúcar para las primeras 15 horas del pollito en la granja.¹⁸

Si los pollitos están estresados o deshidratados al llegar a la granja es recomendable agregar al agua una mezcla soluble de vitaminas y electrolitos durante los primeros 3 o 4 días.¹⁸

En ocasiones pareciera que los pollitos están bebiendo, pero observando con cuidado no es así, este es un problema común en las granjas y se puede corregir aumentando el número de bebederos y asegurándose que la intensidad de la luz es adecuada sobretodo para los 2 primeros días de la crianza. La intensidad de la luz es importante ya que los pollitos son atraídos a beber agua por el reflejo de la luz sobre ésta.¹⁸

Los pollitos primero tienen el bebedero a la altura del suelo, y debe subirse gradualmente a la misma altura del dorso de los pollos, ya que si está por debajo de la altura adecuada los pollos tienden a regurgitar el alimento sobre el bebedero.¹⁸

El exceso de agua alrededor de los bebederos suele ser un problema común, lo que lleva a un mayor riesgo de que se presente coccidiosis en la parvada ya que con la humedad de la cama se favorece la esporulación de los oocistos, y también se favorece la presentación de pododermatitis. Es importante revisar que el bebedero contenga el nivel adecuado de agua en caso de que éste sea abierto, si el nivel está muy alto se debe ajustar la válvula de paso para prevenir que el agua se derrame. Se deben supervisar las válvulas de los bebederos automáticos para evitar que las aves se queden sin agua ó que se derrame.¹⁸

Es importante que las aves cuenten con el espacio de bebedero suficiente sobretodo en las horas de estrés calórico, ya que las aves beben mucho más cuando hace calor, cuando se planean las instalaciones se debe contemplar la máxima necesidad.¹⁸

Para reproductores de estirpe ligera en etapa de crianza (6 a 20 semanas de edad) se deben de disponer 1.9 centímetros de bebedero abierto, y 2.2 centímetros para semipesadas. Para reproductores pesados en crianza se deben disponer 2.5 centímetros de bebedero abierto para pollitas y 3.2 centímetros para machos. Si se utilizan bebederos de niple se disponen 9 para 100 aves ligeras en crianza, 12 por cada 100 para pollitas pesadas y 13 para machos pesados. Con bebederos de copa se utilizan 6 para cada 100 pollitas ligeras, 8 para cada 100 pollitas pesadas y 10 para cada 100 machos pesados.¹⁸

El requerimiento de espacio de bebedero es de 2.5 centímetros para gallinas ligeras, para gallinas semipesadas es de 3.1 centímetros por gallina, hay que tomar en cuenta que en bebederos de canal se utilizan ambos lados del bebedero, y ambos lados deben estar disponibles. Si se utilizan bebederos de campana debe disponerse un bebedero para 25 gallinas ligeras (40 por cada 1000 aves), y un bebedero por cada 20 semipesadas (50 por cada 1000 aves), considerando bebederos de 25.4 centímetros de diámetro. En el caso de utilizar bebederos de copa se utiliza uno para cada 8 gallinas ligeras; y uno para cada 6 semipesadas. Para gallinas de postura en jaulas generalmente se utiliza un bebedero de copa o de niple por cada 2 jaulas, y la cantidad de aves por bebedero la da la cantidad de gallinas por jaula, que son 4 ligeras o 3 semipesadas por jaula, por lo que cada bebedero de copa o niple abastece de 6 a

8 aves. En caso de que tengan un bebedero de canal enfrente de la jaula generalmente el espacio de bebedero está sobrado para las gallinas, pero se debe asegurar que tengan por lo menos 3.8 centímetros para cada gallina, especialmente en climas calurosos.¹⁸

En todas las edades el consumo de agua es menor en bebederos de niple que de campana. El consumo con bebederos de niple se afecta por la altura de estos, el consumo mejora al bajar la línea de los bebederos. Por lo que bajar los nipples cuando la temperatura en la caseta es alta y los pollos están jadeando puede ayudar a los animales a beber la cantidad que necesitan, aunque de manera ideal se debe mantener la temperatura de la caseta óptima para evitar el jadeo en los animales.⁶

El consumo diario es mayor con bebederos abiertos, intermedio con bebederos de niple a baja altura y más bajo con bebederos de niple altos considerándose los bebederos altos cuando las aves tienen que extender el cuello para alcanzar el niple, y bajo cuando la altura del niple se encuentra aproximadamente a la misma altura que el dorso de los pollos.⁶

Cuando las casetas presentan variaciones importantes de temperatura el consumo de agua incrementa siguiendo el patrón de la temperatura cuando la caseta cuenta con bebederos abiertos, cuando los bebederos de la caseta son de niple y estos están altos el consumo de agua disminuye cuando la temperatura de la caseta es mayor, de hecho se ve un ligero aumento cuando la temperatura empieza a subir, pero cae al menor consumo durante el día cuando la temperatura es más alta. Cuando se compara el consumo de ambos tipos de bebedero a temperatura de confort no se encuentran diferencias entre los dos.⁶

Los bebederos de niple son los más utilizados en la actualidad en las casetas más tecnificadas para el pollo de engorda, las ventajas que ofrecen los han hecho sustituir a los bebederos abiertos.⁶

Los bebederos de niple mejoran la sanidad, ya que proveen agua más limpia y reducen la humedad por las salpicaduras alrededor del bebedero, además de que requieren menos mano de obra para limpiarse.⁶

La presión del agua en cada caseta presenta variaciones, por lo que es muy importante que el productor conozca el comportamiento de la presión del agua sobretodo cuando cuenta con bebederos de niple. La presión de la columna de agua provoca variaciones en la cantidad de agua que sale del bebedero cuando éste es accionado, de tal modo a mayor presión de agua en el sistema sale más agua del bebedero cuando se acciona y viceversa.¹⁹

Existe una variación de hasta 30 % en el consumo de las aves entre las estaciones calientes y las frías, esto es más evidente en las casetas de ambiente natural que en las de ambiente controlado.¹⁹

Si durante los meses fríos se mantiene la misma presión de agua que en los meses más cálidos, cuando el pollo acciona el bebedero sale más agua de la que el pollo va a consumir, y por lo tanto ocurre derramamiento de agua, en la época de frío esta agua se va a tardar en evaporarse y se presentara el problema de humedecimiento de la cama y los efectos adversos concomitantes.¹⁹

Por el contrario en los meses más calientes es recomendable aumentar la presión del agua en los sistemas para que los pollos obtengan la mayor cantidad de agua posible y mantener altos los parámetros productivos, incluso si llegara a derramarse el agua como en esa época la ventilación es mayor la cama se puede mantener en buenas condiciones.¹⁹

Los fabricantes de bebederos de niple ofrecen una guía con la altura de la columna de agua expresada en centímetros o pulgadas y esto se puede ajustar en los reguladores del sistema a lo largo del año. Siguiendo las recomendaciones del fabricante se puede conseguir durante el año los mejores rendimientos y camas adecuadas.¹⁹

Cuando se encuentran las camas húmedas el productor generalmente lo asocia con que los bebederos están goteando, y no siempre es así, puede ser por que existe un exceso de presión en el bebedero y está saliendo más agua de la que el pollo quiere beber.¹⁹

En las casetas muy grandes y densamente pobladas el reparto uniforme del alimento y del agua suele ser un problema, resultando en parvadas con un crecimiento disparejo.²⁰

Desde que el agua se reparte en las casetas por sistemas automáticos se hace necesario contar con reguladores de presión del agua y sistemas de bebederos de buena calidad.²⁰

Las personas dedicadas a la industria avícola están familiarizadas con los problemas de reparto de agua, muchos de estos problemas pueden ser resultado de falta de capacitación y mantenimiento.²⁰

Los fabricantes de bebederos tratan de diseñar sus equipos para que ofrezcan el mejor servicio posible, existen granjas en las que algún tipo de bebedero no presenta ninguna falla, mientras que en otra granja el mismo tipo de bebedero puede causar muchos problemas, cuando esto se presenta hay que analizar la falla para controlarla desde su origen. En la mayoría de las ocasiones el problema se relaciona con la calidad o la presión del agua o con la instalación del equipo. Conocer las características del equipo y su mantenimiento son puntos clave para mantenerlo funcionando adecuadamente.²⁰

La calidad del agua es muy importante para no causar daño al bebedero, los niveles altos de calcio (> 400 mg/L), amoníaco (> 1 mg/L), sulfatos (> 100 mg/L), nitratos (> 100 mg/L), cloruros (> 200 mg/L), sodio (> 350 mg/L), y hierro (> 0.5 mg/L) afectan a los sistemas, el pH también debe ser adecuado (5-8). Aunque estos criterios pueden variar de acuerdo al fabricante.²⁰

Los equipos deben ser revisados periódicamente y reemplazados en caso de ser necesario. Uno de los problemas más frecuentes es el goteo de los bebederos de niple y de las válvulas de paso, en muchas ocasiones como resultado de la formación de algas o depósitos de sarro en los bebederos.²⁰

Se debe realizar una limpieza completa y desinfección de los sistemas de agua entre parvadas, esto puede realizarse con una solución concentrada de cloro, y después drenaje de el sistema. Cuando se utilicen detergentes o desinfectantes dentro del sistema se deben dejar el tiempo adecuado para que puedan ejercer su función de forma completa.²⁰

Cuando se adquiere un sistema de bebederos el proveedor debe proporcionar una lista con los desinfectantes que no se pueden usar con el sistema que se adquiere para evitar causar daño a las partes metálicas o de plástico de los sistemas.²⁰

Es importante conocer la cantidad exacta de agua que cabe en el sistema de bebederos para cuando se quiera hacer limpieza y desinfección de los mismos realizar las diluciones de forma adecuada.²⁰

Los sistemas de bebederos cerrados tipo niple son muy convenientes ya que pueden proveer a las aves agua de muy buena calidad sanitaria sin el inconveniente de los bebederos tradicionales abiertos que se deben limpiar diariamente, lo que es una labor que requiere de mucha mano de obra. Pero los sistemas cerrados también requieren de mantenimiento para poder ofrecer la mejor calidad de agua. Las paredes internas de los bebederos cerrados deben mantenerse limpias para poder ser seguros, y la limpieza de estas debe ser algo rutinario.²⁰

El drenado de los sistemas cerrados de distribución de agua es muy importante, sobretodo después de la aplicación de aditivos en el agua. Esto es debido a que los residuos que pueden dejar los aditivos en la línea contribuyen a la formación de la biocapa en las paredes internas de las líneas. La biocapa es una película que se deposita en el interior de los tubos, bebederos y sistemas de almacenamiento de agua, se compone principalmente por glúcidos y sirve como medio de cultivo y adhesión para comunidades bacterianas, que son muy resistentes a antibióticos y desinfectantes por contener materia orgánica. En ocasiones los aditivos que se utilizan pueden ser ricos en nutrientes que pueden ser utilizados por microorganismos que componen la biocapa. Se llegan a encontrar en la biocapa algunas bacterias patógenas como *E. coli*, *Salmonella* spp o *Campylobacter* spp, que de no tener la precaución de drenar las líneas pueden proliferar y llegar a causar infecciones en los pollos y afectar la

productividad de las parvadas. El drenado de las líneas también es importante en los primeros días de la parvada, cuando el consumo de agua es bajo, ya que el agua fluye muy despacio por las líneas y se facilita el crecimiento de la biocapa, además de que el agua se calienta dentro de las líneas y los pollos no beben agua caliente, por lo que se debe drenar durante los primeros días la cantidad suficiente para que la línea quede llena de agua fresca. El drenado solo arrastra los materiales que se encuentran sueltos dentro de las líneas, para eliminar incrustaciones y algas es recomendable utilizar químicos adecuados entre las parvadas.¹⁷

Es importante recordar que las casetas están construidas con inclinación, por lo que cuando se requiere que los bebederos estén a la misma altura del piso el sistema no se encontrará completamente horizontal, por lo que el declive de la caseta afectará la presión del agua con respecto a los dos extremos de la línea, entre más larga sea la línea y mayor el declive la diferencia en la presión entre los dos extremos será mayor. Un regulador de presión elimina este efecto cuando está instalado adecuadamente.¹⁷

Los bebederos están diseñados para trabajar a una presión determinada, cuando esta es mayor se produce derramamiento de agua, camas húmedas y liberación de amoníaco, por lo que se produce un ambiente insalubre que aumenta los costos por medicación y afecta el rendimiento de las parvadas.¹⁷

Cuando se da mantenimiento a las tuberías y las casetas están ocupadas es importante utilizar solo productos que sean seguros para la salud de las aves, generalmente estos productos deben estar autorizados por las autoridades sanitarias para utilizarse en animales vivos.²⁰

Es importante drenar la línea de bebederos:

- Después de cualquier adición al agua con medicamentos o vitaminas.
- Un minuto por cada 30 metros de largo de la línea.
- Diariamente o al menos una vez a la semana.
- Más de una vez al día durante días muy calurosos, para mantener el agua fresca, y prevenir la proliferación de microorganismos.²⁰

Existen algunos sistemas de bebederos que cuentan con un drenado automático conectado a un reloj en los reguladores de presión.²⁰

4. Enfermedades asociadas a la calidad del agua en las aves

4.1 Sales en el agua y su efecto en la salud y producción de las aves

18,000 ppm de sulfato de magnesio ($MgSO_4$) en el agua de bebida incrementan el consumo de agua y la humedad de las heces, este efecto es acompañado por un retraso en el crecimiento durante la crianza.²¹

10,000 ppm de cloruro de sodio o $MgSO_4$ reducen la producción de huevo en la misma proporción que 12,000 ppm de sulfato de sodio ($NaSO_4$).²¹

4,000 ppm de $MgSO_4$ causa un 50.8 % de baja en la producción de huevo y un 43.3 % de reducción en el consumo de agua.²¹

4,000 ppm de $NaSO_4$ causa un 32.5 % de baja en la producción aunque aumenta un 58.8 % el consumo de agua.²¹

16,000 ppm de $MgSO_4$ o de $NaSO_4$ causan baja de producción muy grave, aunque el $MgSO_4$ sigue causando una depresión más notable. Los autores reportan que no existió diferencia en el peso del huevo, valor de unidades Haugh y grosor del cascarón en los huevos producidos.²¹

16,000 ppm de $NaSO_4$ ó de $MgSO_4$ desde el principio de la exposición disminuyen el consumo de agua en un 79.2 % el $MgSO_4$ y en 47.1 % el $NaSO_4$, en ambos casos se presenta mortalidad del 100 % entre los 7 y los 12 días de la exposición, observándose emaciación extrema, gota visceral, acumulación de uratos y necrosis focal en los riñones.²¹

Generalmente cuando el consumo de agua disminuye, el consumo de alimento disminuye también.²¹

4.2 Patología de la gota visceral en gallinas de postura inducida por la toxicidad del bicarbonato de sodio

Cuando se examinaron aves de 3 semanas de edad expuestas a 2, 7.5, 20, y 40 gramos de bicarbonato de sodio por litro de agua, se encontraron siguientes resultados: las aves con 7.5 y 20 gramos por litro desarrollaron un cuadro típico de gota visceral, mientras que las aves con 40 gramos, mostraron daño renal agudo sin manifestación de deposición de uratos en las vísceras. Se incrementó la cuenta de eritrocitos, volumen del paquete celular, y hemoglobina en las aves expuestas. Los valores séricos de sodio aumentaron en relación a la dosis, mientras que los valores de cloro y potasio disminuyeron. La concentración de ácido úrico en la sangre aumentó de acuerdo a la dosis de bicarbonato de sodio. El pH de la sangre se tornó alcalino en las aves tratadas. En el riñón se observaron microscópicamente depósitos de uratos y necrosis tubular. Se sugiere que el desarrollo de gota visceral se relaciona a un estado de alcalosis metabólica asociada con cambios significativos en el balance de electrolitos.²²

4.3 Síndrome ascítico y calidad del agua

El síndrome ascítico es una de las principales causas de pérdida en la industria avícola actualmente, se ha presentado en el pollo de engorda debido a una selección intensa basada principalmente en un crecimiento acelerado, haciendo a las aves susceptibles a los factores que inducen a hipoxia y consecuentemente la muerte con ascitis.²³

Se ha hipotetizado que el balance ácido-base de la dieta puede manejarse para prevenir la presentación de esta enfermedad en las aves.²³

Un exceso de sodio en la dieta puede inducir también síndrome ascítico, ya que los pollos mayores de 21 días de edad son muy sensibles a excesos de sodio, y las intoxicaciones por sodio en los pollos son relativamente comunes.²⁴

Otra fuente de sodio en exceso puede ser el agua de bebida; ésta, es más peligrosa ya que los pollos normalmente consumen casi el doble de agua que de alimento.²⁴

En los mamíferos la acidosis sanguínea causa vasoconstricción pulmonar, mientras que la alcalosis causa vasodilatación generalizada, lo que resulta en hipotensión arterial pulmonar. En las aves estos efectos, debidos al cambio en el pH de la sangre no han sido investigados. En las aves el mecanismo de regulación del pH de la sangre depende principalmente de la respiración y de la función renal. La vasoconstricción pulmonar provoca un incremento en la resistencia vascular pulmonar y por consiguiente hipertensión pulmonar, que conduce a las aves a síndrome ascítico.²⁴

La adición de varias sales al alimento o al agua de bebida de las aves puede modificar el pH de la sangre. El cloruro de amonio (6,300 mg/L) en el agua de bebida causa una marcada acidosis sanguínea en pollos. El bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en el agua a 3,200 mg/L parece no tener efecto en el pH sanguíneo.²⁴

El NaHCO_3 en la dieta al 1 % de inclusión causa reducción en la incidencia de síndrome ascítico, esta respuesta ha sido atribuida a su naturaleza alcalina y a una posible inducción de alcalosis, ésta observación es opuesta a la que refiere que el sodio incrementa el síndrome ascítico, en el caso de esa cita la sal que se utiliza es NaCl (Shlosberg et al, 1998). El cloruro de amonio al 1 % de inclusión causa un ligero aumento en la incidencia de síndrome ascítico, lo que es atribuido a su naturaleza ácida y a una posible acidificación de la sangre.^{23, 24}

La mortalidad en las parvadas debida a síndrome ascítico disminuye significativamente en aves alimentadas con dietas alcalinizadas, mientras que en las aves que reciben dietas acidificadas se observa un aumento en la mortalidad.²³

La alcalinización de la dieta ofrece un método natural para reducir la mortalidad por síndrome ascítico, el bicarbonato de sodio es un aditivo común en la dieta, y se encuentra de manera natural en la sangre, por lo que no es un tóxico potencial en el pollo procesado. El bicarbonato de sodio es relativamente poco costoso, aunque la

adición de este compuesto debe ser acompañada por la reducción de otras fuentes de sodio en la dieta, ya que un exceso de sodio puede incrementar la mortalidad por síndrome ascítico.²³

Si la alcalinización de la dieta causa una ligera alcalemia, la alcalemia causara vasodilatación pulmonar, por lo que aumenta el área de tránsito en los vasos sanguíneos pulmonares, resultando en menor resistencia al flujo sanguíneo y menor presión arterial pulmonar. De la misma forma una acidificación de la dieta causará aumento en la presión arterial pulmonar.²³

Cuando se formula una dieta, el nutricionista puede saber cual es la cantidad de minerales que consumen las aves, aunque la composición iónica y mineral del agua es ignorada regularmente, así como el pH, y si se considera que la composición del agua varía dependiendo de la región geográfica es un factor que no se debe pasar por alto.²⁴

La composición iónica del agua es un factor que puede ser manejado para aminorar las pérdidas por síndrome ascítico en la industria, aunque esta es una enfermedad de origen multifactorial.²⁴

4.4 Botulismo y calidad del agua

El botulismo es una enfermedad que se identificó desde 1785, pero el agente etiológico se identificó hasta 1896. Es causada por *Clostridium botulinum*, éste produce una poderosa toxina que es identificada como el veneno más potente que se conoce. Causa una intoxicación fatal bien definida que afecta principalmente el sistema nervioso.²⁵

Se presentan brotes de esta enfermedad de manera natural principalmente en aves silvestres. Como las aves son susceptibles a ésta enfermedad también se presenta en parvadas comerciales bajo ciertas circunstancias (principalmente cuando se utilizan esquilmos de origen animal en la formulación del alimento), en granjas comerciales las especies afectadas han sido pollos de engorda, pavos y faisanes, siendo estos dos últimos aparentemente los más susceptibles.²⁵

La toxina tipo C liberada por *C. botulinum* es una metaloproteína que bloquea indirectamente la liberación de acetilcolina en la placa neuromuscular induciendo una neuropatía periférica. El botulismo puede resultar de la ingestión de la exotoxina preformada o a través de la infección activa por *C. botulinum* tipo C.²⁵

Los signos clínicos en el pollo de engorda principalmente se manifiestan por una parálisis progresiva. Inicialmente las aves se rehúsan a moverse por una parálisis de las piernas, esta parálisis va avanzando hacia las alas, cuello y párpados. Se puede observar recumbencia esternal y lateral. Las aves más afectadas se encuentran en estado comatoso y con el cuello estirado. Los pollos afectados pueden presentar áreas sin plumas debido al picoteo de los demás pollos de las casetas. No se encuentran grandes cambios patológicos a la necropsia. Los pollos en estados agudos de la enfermedad se pueden recuperar si se aíslan de los demás por 3 o 4 días, la recuperación del control y movimiento de las aves se da de forma contraria, iniciando por mover los párpados y al final recuperan el movimiento de las piernas. La forma de presentación no difiere mucho en los pavos, únicamente que en los pavos se presenta con mayor frecuencia en los machos, lo que se ha asociado a la coprofagia que presentan estos animales en las primeras semanas de vida, ya que las hembras no presentan estos hábitos.²⁵

4.4.1 Fuentes de la toxina de *C. botulinum* tipo C

Se han presentado casos de botulismo en la industria de manera simple y recurrente en las casetas de pollos y en pavos. En la mayoría de los brotes de campo de la literatura revisada no se ha encontrado la toxina preformada en los alimentos, materiales de cama, suelos o agua. En donde se ha encontrado la toxina es en los tejidos y suero de las aves afectadas, principalmente en el hígado, el tracto digestivo, y en las heces de las aves, por lo que los autores proponen la existencia de toxiinfecciones, en las que se presenta una infección en las aves por *Clostridium botulinum* tipo C. El microorganismo en el tracto digestivo de las aves bajo condiciones adecuadas (anaerobiosis, humedad y oscuridad) prolifera fabricando su toxina y liberándola hacia el ave.²⁶

Cuando los animales muertos se dejan mucho tiempo dentro de las casetas el *C. botulinum* puede proliferar en sus tejidos y producir toxinas, por lo que al existir canibalismo pueden ingerir la toxina los demás animales y enfermar de botulismo, pero en la mayoría de los casos revisados no se presentó canibalismo.²⁷

En ocasiones se acumula agua en el piso cerca de los bebederos, lo que puede aumentar la humedad de la cama, y favorecer la proliferación del *C. botulinum* y la producción de sus toxinas.²⁷

En dos brotes de campo que se estudiaron se encontró como posible factor predisponente un exceso de hierro en el agua de bebida o en el alimento que pudo favorecer la proliferación de *C. botulinum* en el intestino de los animales afectados. El hierro es un elemento esencial para el crecimiento de las bacterias enteropatógenas entre las que se incluye *C. botulinum*. El hierro de manera natural se encuentra dentro del animal de manera intracelular en la fracción heme de los eritrocitos, y de forma extracelular en complejos de membrana formando parte de proteínas receptoras como la lactoferrina y la transferrina.²⁸

Debido a que el hierro de forma natural no se encuentra libre en los animales virtualmente está indisponible para las bacterias. En niños los excesos de hierro en las fórmulas nutricionales y suplementos alimenticios se asocian con un incremento en el riesgo de contraer infecciones por *Salmonella* spp y *Clostridium* spp, también favorece la presentación de toxiinfecciones por las mismas bacterias como *Salmonella* spp y *Clostridium* spp, además por *Escherichia* spp y *Staphylococcus* spp.²⁸

La acidificación del agua de bebida se utiliza ocasionalmente para tratar casos de campo de botulismo. El tratamiento con ácido cítrico parece reducir la mortalidad y morbilidad asociada al botulismo. El efecto de la acidificación del agua de bebida se explica porque los ácidos quelan a los metales, y de esta forma los metales ya no quedan disponibles para las bacterias patógenas.²⁸

Las dietas con cantidades adecuadas de hierro favorecen el crecimiento de flora normal apatógena en el intestino (*Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp.). Esta flora

intestinal normal es independiente del hierro y produce un pH intestinal de 5, que limita la proliferación de bacterias patógenas como el *C. botulinum* tipo C.²⁶

El estrés calórico es otro factor predisponente asociado comúnmente al botulismo, al igual que otros factores de estrés, ya que el estrés incrementa la producción de corticosteroides en las aves causando una inmunosupresión fisiológica. Las concentraciones altas de cortisol y las lesiones necróticas intestinales se asocian con la patogénesis de toxiinfecciones de botulismo en caballos y potros. Además el estrés calórico provoca reducción en el consumo de alimento, estos factores combinados pueden incrementar las lesiones y el adelgazamiento epitelial intestinal, lo que puede favorecer el crecimiento de patógenos oportunistas como *C. botulinum*. En adición el estrés calórico aumenta el consumo de agua de los animales, y en el caso de que el agua contenga un exceso de hierro puede favorecerse el crecimiento de *C. botulinum*.²⁷

Las aves muertas, los insectos, y los estados larvales de insectos se conocen como transportadores mecánicos y vectores de *C. botulinum*. El manejo adecuado de la mortalidad, el tratamiento de los desechos de los animales con bisulfato de sodio y el control de plagas juegan un papel importante para prevenir la recurrencia de botulismo en las granjas.²⁶

En los casos de botulismo en las aves; es difícil encontrar la fuente de la toxina preformada, se sugiere con bases científicas la proliferación intestinal y cecal de *C. botulinum* como patogénesis en los casos de botulismo en parvadas comerciales.²⁷

4.5 Asociación de la dureza del agua con la incidencia del síndrome de hígado graso en gallinas de postura

Jensen (1976) propone que el síndrome de hígado graso en gallinas de postura aparentemente está relacionado con la ubicación geográfica, ya que existen zonas en las que se presenta frecuentemente y otras en las que se observa rara vez, la calidad del agua de la región y la temperatura ambiental son los factores que pueden explicar la relación.⁷⁶

El agua de las granjas con historia de síndrome de hígado graso tiene mayor contenido de calcio, magnesio, estroncio, sodio, hierro y bario ($p \leq 0.05$), que las granjas en las que no se presenta este problema. Los niveles de manganeso, boro, cobre, zinc y aluminio no presentan variación. Algunos elementos como el aluminio, antimonio y mercurio se encuentran más frecuentemente en muestras de granjas que no tienen problemas de síndrome de hígado graso, esto puede deberse a que la mayor concentración de los otros minerales en las granjas que tienen problemas enmascara la presencia de éstos elementos.²⁹

El manganeso ha demostrado propiedades lipotrópicas en las ratas por lo que se ha tratado de asociar al síndrome de hígado graso cuando se encuentra en el agua; pero, no se encuentra diferencia significativa en el contenido de manganeso en el agua de las granjas que presentan y las que no presentan la enfermedad, y en estudios de laboratorio se ha comprobado que el manganeso no afecta la acumulación de grasa en el hígado de las gallinas de postura.²⁹

Es difícil entender como los minerales pueden afectar el metabolismo de lípidos en la gallina. Las granjas con problemas de síndrome de hígado graso se localizan a menor altura, en donde la temperatura ambiental es mayor que en las localidades que no se presentan problemas, la mayor temperatura resulta en un mayor consumo de agua, y a su vez de los minerales contenidos en la misma.²⁹

Aunque los resultados no prueban que la calidad del agua sea la causa de la enfermedad si existe una asociación entre la dureza del agua y la presencia de síndrome de hígado graso en gallinas.²⁹

4.6 Predisposición a tumores hepáticos por toxinas de cianobacterias

La materia orgánica de ciertas cianobacterias planctónicas encontradas en lagos (conocidas como algas verde-azules), estanques y fuentes de agua municipales, causan intermitentes pero repetidos problemas de mantenimiento. En verano, estas cianobacterias pueden producir un sabor desagradable en el agua de la llave y un olor

en el aire alrededor de los reservorios de agua. Un problema más serio es que las cianobacterias son capaces de producir toxinas (ficotoxinas) hepatotóxicas ó neurotóxicas muy potentes llamadas microcistinas en muchos de los cuerpos de agua. Los humanos y animales que beben de fuentes que no reciben un mantenimiento adecuado pueden estar continuamente expuestos a las microcistinas.³⁰

Las microcistinas es el nombre genérico que se les da a un grupo de 23 heptapéptidos monocíclicos. Su nomenclatura se basa en 2 L-aminoácidos por ejemplo la microcistina-LR contiene leucina y arginina. Al lado de estos aminoácidos variables, las microcistinas contienen tres D-aminoácidos y dos aminoácidos inusuales.³⁰

Las microcistinas tienen tropismo únicamente por el hígado. Sólo se encontraron referencias en ratones y en humanos. Con una administración oral de microcistinas se puede causar en unas pocas horas extensas hemorragias intrahepáticas y necrosis celular en el hígado de ratones.^{30, 31}

Tres microcistinas pueden alterar la función de la fosfatasa tipo 1 y 2, presentes en las membranas y en la porción citosólica de los hepatocitos. La inhibición de la fosfatasa resulta en un incremento de la fosforilación de proteínas en las células del hígado, mismas que interfieren con la expresión de los genes involucrados en el crecimiento celular. Las microcistinas actúan en el hígado de la misma forma que el ácido ocadáico, mismo que causa tumores de piel de ratones y en el estómago glandular de ratas.³¹

Las microcistinas son de los oncogénicos conocidos más potentes para el hígado. Estas toxinas llegan al hígado desde el ileon, acarreadas por el sistema porta hepático. Dentro del hepatocito la toxina induce una alteración de los microfilamentos de las células, que causan una agregación de microfilamentos alrededor del núcleo de la célula, dando como resultado una pérdida del soporte celular. Los hepatocitos se tornan redondos y esto es seguido por una destrucción del endotelio de los sinusoides.³¹

4.7 Efectos en el pH de la sangre con la adición de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y cloruro de amonio (NH_4CL) al agua de bebida de las aves

El NaHCO_3 y el NH_4CL se llegan a utilizar para prevenir los efectos adversos de algunas enfermedades de las aves, como es el caso del estrés calórico, síndrome ascítico y micoplasmosis, entre otras.³²

Las aves que beben agua con 1.26 % de NaHCO_3 presentan valores más altos en el pH de la sangre (8.093), comparado con el pH de las aves que consumen agua sin aditivos (8.035). Por otra parte un 0.63 % de NH_4CL en el agua produce una ligera disminución en el pH (7.927).³²

4.8 Tolerancia de las gallinas al fluoruro en el agua de bebida

La toxicidad y los efectos acumulativos de los fluoruros depende de la susceptibilidad de la especie, la solubilidad de la sal, del tiempo de exposición y de la dosis recibida. La toxicidad de las diferentes formas del fluoruro se enlistan en orden descendente a continuación: fluorosilicatos, fluoruro de sodio, fosfatos y fluoruro de calcio.³³

La fragilidad de los huesos de las gallinas de postura enjauladas es uno de los problemas más importantes en la producción. Se ha encontrado que la adición de fluoruro incrementa la resistencia del húmero a romperse con la fuerza de 6.86 a 13.35 kilogramos y en la tibia de 6.61 a 13.10 kilogramos. Por lo que se ha recomendado la suplementación del agua de bebida con 10 mg/L de fluoruro. La calidad y producción de huevo no se ven afectadas por el tratamiento con fluoruro, aunque existen controversias con esta tendencia, por lo que algunos autores la descalifican.³³

Durante la etapa de crianza la adición de 10 a 14 mg/L de fluoruro tiene una influencia negativa en el peso corporal. La mortalidad durante la crianza no se asocia al fluoruro. La eficiencia alimenticia no se afecta. Únicamente la ganancia de peso y el consumo de alimento se reducen con más de 10 mg/L de fluoruros en el agua.³³

Durante la etapa de postura no se observan diferencias en la resistencia al rompimiento del cascarón con 20 mg/L de fluoruros, pero las gallinas disminuyen la postura. El peso de las canales al finalizar la postura (74 semanas) se incrementa en las gallinas con 14 a 20 mg/L de fluoruros en el agua. La mortalidad durante la producción no se asocia con la adición de fluoruro. El contenido de fluoruro en el fémur aumenta de manera lineal de acuerdo a la concentración de fluoruros en el agua. Análisis histopatológicos demuestran que no existen lesiones que sean atribuibles a los fluoruros en el agua con las dosis descritas anteriormente.³³

Se pueden manejar sin ningún problema hasta 14 mg/L de fluoruros en el agua. Una concentración de 20 mg/L o mayor afectará de manera negativa la producción de huevo. Concentraciones de fluoruros menores a 14 mg/L en el agua no causan efecto detrimental en las gallinas de postura en un periodo de 74 semanas.³³

Debido a que el flúor aparentemente estimula la formación del hueso, se propone que la fluoración del agua de bebida puede prevenir el desarrollo de osteoporosis en gallinas de postura.³³

Cuando en el agua de una granja se encuentra algún tóxico potencial como un fluoruro, es necesario calcular la cantidad total del tóxico que las aves van a ingerir tomando en cuenta el consumo de agua y la concentración del contaminante en la misma. Se debe revisar la dosis del tóxico que las aves van a ingerir, así como la concentración del contaminante en el agua.³³

5. El agua en la formación del huevo

5.1 Balance de líquidos durante la formación del huevo

La formación del huevo involucra el transporte de cantidades considerables de proteínas y minerales a través de la pared del oviducto, al menos una parte de esos materiales provienen de un aumento en el consumo de alimento mientras el huevo está en formación. Este incremento en el consumo de alimento va acompañado a su vez de un aumento en el consumo de agua, que es necesaria para el transporte de los nutrientes.³⁴

Las gallinas consumen más agua en los días que ponen huevos con respecto a los días en que no ponen, el consumo de agua casi se duplica en los días de postura (115g a 225g) y las veces que la gallina bebe agua tienen un comportamiento similar, siendo en promedio 305 ingestas de agua en los días de postura contra 146 en los días que no ponen huevos, aunque la cantidad que las gallinas consumen por ingesta no varía significativamente. El autor (Howard, 1975) menciona que las gallinas beben en promedio 0.084 g de agua por ingesta en los días de postura y 0.079 g los días que no ponen, pero al parecer este dato es incorrecto, ya que al multiplicar el consumo promedio por ingesta reportada por el promedio de ingestas al día se obtiene 25.62 g de agua para los días de postura, y en los días de no postura 11.53 g, por lo que se deduce que la cantidad promedio por ingesta deben ser de 0.84 g en los días de postura y de 0.79 g en los días de no postura.³⁴

La cantidad de agua en un huevo es de 32 g y el aumento en la excreción de orina en los días de postura es solo de 8 g, por lo que solo son contabilizables 40 g de agua, los 70 g excedentes deben evaporarse, se deduce que el exceso de agua consumido no se retiene en los fluidos corporales del ave ya que el peso de la gallina se mantiene constante.³⁴

El requerimiento del excedente de agua en los días de postura evidencia un estrés metabólico considerable asociado a la formación del huevo. El incremento en el

consumo de agua inicia unas 12 horas antes de que el huevo es puesto y cae abruptamente 2 horas antes de la postura, la producción de orina en el ave se comporta de manera similar, aunque el aumento en la producción de orina no es significativo.³⁴

En el momento inmediato antes de la postura, la osmolaridad del plasma es más alta de lo normal, este efecto se explica por la disminución en el consumo de agua. El aumento de agua en el oviducto no es suficiente para explicar el aumento en el consumo, y el peso total del ave se mantiene constante a pesar de que el ave consume 110 g más de agua.³⁴

Durante el primer año de producción una parvada de gallinas consume más de 4 Kg adicionales de agua por cada docena de huevos producida.³⁴

Las gallinas White Leghorn ingieren el doble de agua que gallos de la misma estirpe y edad.³⁴

Cuando el suministro de alimento se restringe, el patrón de consumo de agua se mantiene constante, no siendo así cuando se restringe el agua, ya que en ese caso el consumo de alimento si disminuye.³⁴

Aproximadamente el 85 % del total de agua que toman las gallinas lo ingieren entre las 9:00 y las 21:00 horas, siendo mayor la ingesta después del medio día, entre las 15:00 y las 21:00 h. Entre las 12:00 y las 13:00 horas generalmente se observa una caída abrupta del consumo de agua. Las gallinas normalmente no toman agua durante las horas de oscuridad.³⁴

5.2 La formación del cascarón y el agua

Regularmente se tiene mucho cuidado con la calidad interna del huevo, así como con los parámetros reproductivos en las gallinas, pero en ocasiones se ignoran factores ambientales importantes para la formación del cascarón, el cual es un punto crítico que determina la incubabilidad del huevo fértil y la viabilidad del blastodermo.³⁵

El cascarón del huevo se forma por un 97 % de carbonato de calcio (CaCO_3). La síntesis y precipitación del carbonato en el cascarón requiere de un equilibrio entre dióxido de carbono (CO_2), ácido carbónico (H_2CO_3), radicales bicarbonato (HCO_3^-), radicales carbonato (CO_3^{2-}), radicales hidrogenión (H^+), radicales hidroxilo (OH^-) y agua (H_2O) en la glándula cascarógena.³⁶

El proceso de formación del cascarón involucra reacciones químicas con cantidades equimolares de Ca y HCO_3^- en los sitios de mineralización. La concentración de iones HCO_3^- en el fluido de la glándula cascarógena puede influenciar la mineralización del cascarón, se postula que los factores que afectan la capacidad amortiguadora en la gallina llevándola a una acidosis metabólica (pH disminuido), reducen la concentración de HCO_3^- en el fluido de la luz de la glándula cascarógena interfiriendo así con la formación del cascarón.³⁷

El balance en la dieta de sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl) afecta el balance ácido-base. Un exceso de Cl en la dieta disminuye el pH y el HCO_3^- en la sangre aunque el Cl se balancea con las concentraciones equivalentes de Na y K.³⁷

La síntesis de bicarbonato se lleva a partir de CO_2 . Además los iones CO_3^{2-} en la luz de la glándula cascarógena son aportados por el HCO_3^- del fluido que va del mágnium a la glándula cascarógena. La secreción de HCO_3^- y calcio en la glándula cascarógena, es llevada a cabo por transporte activo, y se puede afectar por las concentraciones de HCO_3^- en la luz de la glándula cascarógena. Finalmente la secreción neta de Ca está ligada funcionalmente a la producción y concentración de HCO_3^- .³⁶

5.3 Agua Salina en la producción de huevo

La cantidad de huevos con cascarones dañados se incrementa significativamente con la adición de sales de sodio en el agua de bebida, incluso como bicarbonato de sodio (NaHCO_3) o como cloruro de sodio (NaCl).³⁸

Las gallinas que beben agua con concentraciones de NaCl entre 0.2 y 2 gramos por litro ponen huevos con cascarones de menor calidad e incrementan los defectos en el cascarón. Esas concentraciones de sal se pueden encontrar fácilmente en el agua de pozos subterráneos de los que se abastecen muchas granjas de reproductoras y de gallinas de producción de huevo, esto puede provocar que las gallinas de estas explotaciones pongan huevos con alta incidencia de cascarones defectuosos.³⁵

La incidencia de cascarones dañados puede llegar a ser de 18 % en gallinas de 55 semanas de edad cuando reciben 600 mg de NaCl por litro de agua de bebida. Este efecto no se asocia con un decremento en el consumo de alimento ó incrementos en la producción ó peso del huevo.³⁹

Aparentemente el NaCl en el agua tiene un efecto diferente que en el alimento, porque cantidades menores de estos iones ingeridos desde el agua causan efectos adversos en la calidad del cascarón, en comparación con cantidades mayores ingeridas a partir del alimento. En muchos países se encuentran pozos de agua con concentraciones altas de minerales, de los cuales el NaCl es uno de los mayores constituyentes.³⁹

Los cascarones de mala calidad pueden afectar la producción de pollitos de un día para el caso de las granjas de reproductoras.³⁵

Aproximadamente un tercio de los defectos del cascarón ocasionados por agua salina son fisuras delgadas que solo se pueden detectar con inspección manual minuciosa e individual.⁴⁰

Aunque la fertilidad no se afecta cuando las aves ingieren agua salina la cantidad de huevos fértiles incubables es menor, ya que los cascarones de mala calidad tienen un efecto detrimental en la incubación por que favorecen la pérdida de agua del interior del huevo y alteran la difusión de los gases a través del cascarón durante la incubación.³⁵

El 30 % de los daños en los cascarones ocasionados por NaCl en el agua de bebida son unas cuarteaduras muy finas difíciles de identificar y solo se pueden

apreciar presionando ligeramente con los dedos sobre los cascarones. Aunque 2 gramos de NaCl en el agua aumenta también la incidencia de huevos en fáfara.⁴⁰

Se puede observar una mejora muy pequeña en la producción de huevo y la calidad del cascarón retirando el NaCl de la dieta y cuando las aves reciben 1 a 2 gramos de NaCl por litro de agua, esta mejora no es suficiente para poder reducir los efectos detrimentales del NaCl en el agua de bebida.⁴¹

La adición de NaCl al agua de bebida no tiene efecto sobre la concentración de HCO_3^- ni de Ca en la sangre, pero ambos parámetros y la tensión de CO_2 se ven reducidos significativamente en el fluido que circunda al huevo durante su calcificación en el útero.⁴²

Las gallinas sin adición de NaCl en el agua de bebida pero que ponen huevos con cascarones defectuosos tienen concentraciones normales de Ca, pero bajas de CO_2 y HCO_3^- en el fluido circundante al cascarón en formación.⁴²

Durante el periodo de crianza, las pollitas pueden recibir agua salina hasta antes de alcanzar la madurez sexual sin que esto afecte el futuro productivo de las pollitas por lo que se deduce que el NaCl en el agua solo tiene efecto en el oviducto cuando está funcional y activo. Es hasta el momento en el que ponen el primer huevo y posteriormente cuando se ven afectadas por el NaCl en el agua, las gallinas que reciben NaCl en el agua producen más cascarones defectuosos que las que las que reciben agua potable de tomas de ciudad.^{43, 44}

Se ha encontrado que la incidencia de cascarones defectuosos (rotos, cuarteados, deformes y en fáfara) en gallinas con agua salina puede ser de 28.1 % contra 6.1 % de las gallinas que recibieron agua potable, la actividad de la anhidrasa carbónica en la glándula cascarógena de gallinas que reciben agua salina es significativamente menor que en gallinas que reciben agua potable. En las gallinas que ponen huevos defectuosos y beben agua salina es en las que se presenta menor actividad de esta enzima.⁴³

A mayor edad de las gallinas el efecto del NaCl en el agua se ve mas rápidamente, y se vuelve irreversible ya que las gallinas a las 40 semanas de edad se afectan más rápido que gallinas en las primeras semanas de postura. Las gallinas jóvenes (menores a 40 semanas) tienen la capacidad de volver a producir huevos normales después de haber producido huevos con cascarones defectuosos cuando se les da agua de buena calidad durante 5 semanas, en gallinas de mas de 40 semanas de edad el efecto es irreversible, aunque se les dé agua de buena calidad producen hasta un 38 % de cascarones defectuosos comparado con 5.3 % de gallinas que siempre han recibido agua potable.^{43, 44}

El NaCl en el agua de bebida en las concentraciones que se encuentran en la naturaleza solo tiene un efecto mínimo en el balance ácido-base y los electrolitos de la sangre (un ligero aumento en el Na y el Cl), pero causa reducciones significativas en la tensión de CO₂ y las concentraciones de calcio y bicarbonato en el líquido circundante al cascarón en formación dentro de la glándula cascarógena. En la glándula cascarógena se aprecia un aumento en la concentración de los iones de Na y Cl, un decremento en la tensión de CO₂, bicarbonato y calcio; un incremento en el pH. Incluso 11 semanas después de retirar el suplemento de NaCl del agua de bebida se pueden encontrar alterados estos valores en gallinas que ponen huevos con cascarones defectuosos. Reducciones similares de CO₂ y bicarbonato, se observan en gallinas que ponen huevos con cascarones defectuosos sin recibir sal en el agua, pero la reducción en el calcio que se ve en gallinas con agua salina no puede observarse en las que reciben agua potable y ponen huevos con cascarones defectuosos. Se puede suponer que el aporte de bicarbonato a la luz de la glándula cascarógena puede ser el mayor efecto limitante de la calidad del cascarón.^{41, 42}

Aunque la calidad deficiente de los cascarones se asocia más a una disminución en el aporte de HCO₃⁻ que a una deficiencia en el Ca de la glándula cascarógena, una reducción en el tiempo de estancia en la glándula puede agravar este problema.⁴¹

Las gallinas que toman agua salina y ponen huevos con cascarones normales tienen reducida la concentración de CO₂ y de Ca en la glándula cascarógena en comparación con gallinas que reciben agua normal.⁴¹

En granjas de gallinas ponedoras alojadas en jaulas no es fácil detectar ni contabilizar los huevos en fárfora ya que estos caen al suelo a través del piso de las jaulas.⁴¹

En los estudios revisados se demuestra que la alteración se presenta en el metabolismo de los minerales y no por la capacidad de los animales para absorber los nutrientes en el tracto digestivo. La lesión resultante del uso de agua salina en las aves se asocia con el balance de HCO_3 y Ca a la luz de la glándula cascarógena mas que a un balance inadecuado de electrolitos en la sangre. Estos postulados concuerdan con los que proponen que el CO_2 metabólico es la fuente de una parte del HCO_3 necesario para la formación del cascarón. En este caso la actividad de la anhidrasa carbónica necesaria para la hidratación del CO_2 para producir iones de HCO_3 en la glándula cascarógena es mayor en aves en postura que en aves que no están en postura, y es mayor en aves que ponen huevos con cascarones de buena calidad que en aves que ponen huevos con cascarones defectuosos.⁴¹

Algunas gallinas que beben agua salina y que ponen huevos con cascarones normales, presentan valores similares a las que toman agua potable y ponen huevos con cascarones normales. El grado de afección de las aves en postura puede variar, ya que hay gallinas que bebiendo agua salina siguen produciendo huevos normales.⁴¹

5.3.1 Tratamientos paliativos para las gallinas que beben agua salina

El problema de los cascarones defectuosos no se soluciona cambiando el agua salina por agua potable, excepto en gallinas jóvenes al inicio de la postura, en las que el daño es aún reversible. Del mismo modo pelear a las gallinas, quitar el NaCl de la dieta, o suplementar la dieta con carbonato de calcio solo tiene efectos ligeros en la calidad del cascarón. No se observan cambios en el consumo de agua, alimento o producción de huevo.⁴⁴

Se ha logrado reducir la incidencia de defectos en los cascarones, suplementando simultáneamente al agua salina; bicarbonato de sodio (NaHCO_3) o de amonio (NH_4HCO_3), aunque este procedimiento tiene la limitante de que se reduce el consumo de agua por el exceso de sodio y los suplementos de amonio. El NH_4HCO_3

causa una disminución en el consumo de agua cuando ésta, es salina, no siendo así cuando es agua potable, esto sugiere que la presencia de NaCl en el agua posiblemente afecta la función del riñón.^{38, 44}

Todo parece indicar que la suplementación de agua salina con NH_4HCO_3 tiene mejor efecto que la adición de NaHCO_3 para reducir la incidencia de defectos en los cascarones. Altas concentraciones de NH_4HCO_3 y disminución en el consumo de agua causa una baja en la producción, por lo que el uso de este compuesto es limitado sobretodo con alta salinidad en el agua. Con concentraciones de sal de 600 mg/L de agua el NH_4HCO_3 puede ayudar a disminuir los daños causados por la salinidad del agua.³⁸

La adición de 1 gramo de ácido ascórbico por litro de agua puede ayudar a prevenir los daños en el aparato reproductor de las gallinas ponedoras, porque en las aves que manifiestan producción con cascarones defectuosos no es posible mejorar la calidad del cascarón, esto reafirma que el daño en el aparato reproductor de las gallinas es irreversible. El efecto preventivo del ácido ascórbico está limitado por la concentración de NaCl.⁴⁴

Se puede concluir que concentraciones relativamente altas de sal en el agua de bebida pueden afectar el metabolismo de algunas gallinas de tal manera que estas son incapaces de depositar un cascarón normal en el huevo en formación durante el pasaje del huevo por el oviducto.⁴¹

Un buen indicador del efecto que causan las sales en el agua de bebida para las gallinas reproductoras puede ser el número de pollitos nacidos por cada 100 huevos puestos ya que los daños en el cascarón no es una medida práctica que se pueda observar.³⁹

6. Contaminantes del agua de bebida en la industria avícola

6.1 Efecto en el consumo de agua, alimento y ganancia de peso de las aves

El consumo de agua y alimento se reducen al agregarse una mezcla de cinco contaminantes en el agua de bebida (tríóxido de arsénico, acetato de cadmio, acetato de plomo, benceno y tricloroetileno), el efecto es más evidente cuando el nivel de vitaminas y minerales en la dieta no es el óptimo.^{2, 45}

El crecimiento de los pollos se afecta con la inclusión de contaminantes en el agua de bebida y este efecto es más pronunciado entre mayor es el tiempo de exposición a los contaminantes.²

La misma mezcla de contaminantes (tríóxido de arsénico, acetato de cadmio, acetato de plomo, benceno y tricloroetileno) en el agua de bebida puede causar decremento en el consumo de agua y alimento de 60 % en los pollos, 52 % en ratones y de 40 % en ratas, lo que demuestra que los pollos son más susceptibles a los contaminantes en el agua de bebida.^{2, 45}

La cantidad de minerales traza en la dieta es sumamente importante ya que muchos minerales como el cadmio y el selenio tienen un margen muy pequeño entre la necesidad como nutriente y la dosis que causa toxicidad. La toxicidad del cadmio está influenciada por las concentraciones relativas de iones divalentes en la dieta como hierro, zinc y cobre. La toxicidad del selenio está influenciada por los valores relativos de mercurio en las dietas. Deficiencias o excesos leves de minerales en la dieta son difíciles de distinguir clínicamente, porque sus efectos en los animales frecuentemente se confunden con un estado de desnutrición leve, alguna deficiencia en el alimento; con un parasitismo leve o una deficiencia de proteína en la dieta. La depresión en el consumo voluntario puede ser resultado de desnutrición o de deficiencia inespecífica de algún nutriente.⁴⁶

Las dietas con alto contenido de metionina y otros aminoácidos azufrados, así como alta concentración de calcio pueden ayudar a disminuir los efectos de depresión en el crecimiento ocasionados por el plomo en el agua de bebida.⁴⁷

6.2 Efecto en la salud de las aves de producción

Uno de los principales problemas ambientales de la actualidad es la contaminación de los mantos de agua dulce disponibles, con metales pesados y compuestos orgánicos volátiles (COV). Esto ya ha sido reportado en muchos países.²

Los metales pesados y COV son emitidos a la atmósfera por industrias, tráfico, basureros municipales y sitios especializados en manejo de desechos peligrosos, lo que ha resultado en una creciente contaminación del agua disponible en la tierra. La exposición de los humanos y animales a contaminantes rara vez se limita a un solo compuesto, en general son comunes las exposiciones a mezclas de estos.²

En estudios recientes demuestran que las aves son animales muy susceptibles a los contaminantes en el agua de bebida. Tan solo 1 ppm de plomo es capaz de reducir la ganancia de peso y de afectar la conversión alimenticia, y 700 ppm de cadmio provocan aumento del 100 % en el tamaño de la molleja, flacidez y atrofia del proventrículo (Cuadro 3).^{2, 45}

6.3 Efectos del plomo en las aves

El plomo en el agua de bebida se asocia a anorexia y con concentraciones más altas resulta en un decremento en el peso corporal. El mecanismo por el cual el plomo causa anorexia no se conoce en la actualidad (Cuadro 3).²

El plomo altera la capacidad de las aves para combatir agentes infecciosos, en las aves puede disminuir la actividad del interferón.^{2, 48}

El plomo aparentemente disminuye los títulos de anticuerpos debido a que interfiere en su síntesis; una exposición crónica a este elemento causa un significativo decremento en la síntesis de anticuerpos, particularmente de IgG (Cuadro 3).⁴⁸

Los receptores del complemento que se localizan en la superficie del linfocito B son aparentemente alterados por el plomo, causando que el linfocito B sea incapaz de responder a este estímulo, este mecanismo puede ser en parte el responsable de la disminución en la formación de anticuerpos después de una exposición prolongada (Cuadro 3).⁴⁸

Desde que se conoce la interacción del macrófago en la respuesta del linfocito B para la producción de anticuerpos se ha estudiado el efecto del plomo en esta célula y se ha observado que una inyección de plomo disminuye la capacidad fagocítica de las células de Kupffer (macrófagos hepáticos), pero se ha demostrado que algunos animales con dosis bajas de plomo vía oral por 10 semanas estimulan la fagocitosis e incrementan la cantidad de fosfatasa ácida en los macrófagos peritoneales. Dosis bajas de plomo (13 ppm) tienden a estimular ciertas respuestas del sistema inmune mientras que una dosis alta (1300 ppm) no provoca alteraciones apreciables a este respecto.⁴⁸

En resumen el plomo suprime la respuesta inmune, particularmente la humoral en las aves. Este efecto se puede apreciar con dosis muy bajas incluso, ya es en detrimento de la salud del animal y es causado por mecanismos de acción diferentes a los que causan toxicidad por dosis altas.²

Una dosis de 200 ppm de acetato de plomo en el agua de bebida no causa ningún efecto aparente de intoxicación, sin embargo en 6 semanas de exposición causa una disminución en la cuenta de leucocitos totales, demostrando que el plomo en el agua de bebida tiene un efecto directo inhibitorio sobre los linfocitos B y T, ya que su número se disminuye en la sangre periférica a partir de las 6 semanas de exposición. En el mismo periodo también se puede observar heteropenia por lo que el plomo puede afectar ambas líneas celulares sanguíneas la granulocítica y la agranulocítica (Cuadro 3).⁴⁸

En cortes histológicos de pruebas intradérmicas de aves sanas se observan linfocitos formando folículos; en los cortes histológicos de pruebas intradérmicas de aves que reciben 200 ppm de acetato de plomo en el agua durante seis semanas no se observan. La reacción de hipersensibilidad intradérmica que se presenta en las aves tratadas es menor en comparación con aves que reciben agua sin suplemento de plomo. Por lo que se concluye que la función de los linfocitos se limita, además de que su número se reduce (Cuadro 3).⁴⁸

6.4 Efecto de contaminantes ambientales en el sistema inmune de los pollos

Está bien establecido que algunos contaminantes ambientales hacen a los huéspedes mas susceptibles a las enfermedades infecciosas, ya que los contaminantes pueden alterar la respuesta inmune de los animales.⁴⁸

Los contaminantes ambientales particularmente a dosis que no sean capaces de desarrollar una respuesta tóxica evidente (subclínicas); después de exposiciones prolongadas, son capaces de alterar la respuesta inmune en los animales, lo cual es un efecto tóxico, aunque solo se demuestra con pruebas especializadas, como la cuantificación de anticuerpos o pruebas de intradermoreacción. Los contaminantes ambientales pueden alterar un segmento específico del sistema inmune o varios de los mecanismos de la respuesta inmune.⁴⁹

Cuando existe en la fuente de agua de la granja contaminación con algún compuesto que cause inhibición de la respuesta inmune en los animales es probable que no se presenten signos clínicos de toxicidad, aunque los animales pueden ser más susceptibles a contraer enfermedades infecciosas y no se descarta que se afecte la respuesta a las vacunas.²

6.5 Efectos del cadmio en el sistema inmune de las aves

Del cadmio que se encuentra en el tracto gastrointestinal se absorbe aproximadamente un 10 %. El cadmio al igual que el plomo produce un marcado incremento en la susceptibilidad a las endotoxinas en ratas. La exposición prolongada al cadmio también puede alterar la producción de anticuerpos. Estudios con mitógenos han demostrado que el cadmio inhibe la blastogénesis inducida de linfocitos cuando se estimula su transformación con lipopolisacáridos y Concanavalina A.²

El cadmio al igual que el plomo administrado por vía oral a ratones durante 10 semanas estimula la fagocitosis e incrementa los niveles de fosfatasa ácida en macrófagos peritoneales, estos dos contaminantes ambientales aparentemente activan ciertas propiedades de los macrófagos. Aunque la exposición prolongada al cadmio inhibe muchas de las funciones de la respuesta inmune en los animales.²

6.6 Efectos de algunos contaminantes en diferentes órganos de las aves

Los efectos toxicopatológicos del arsénico han sido descritos en muchas especies, pollos, aves de corral y gansos. La dosis letal (DL₅₀) del trióxido de arsénico en aves de corral va de 50 a 300 mg/Kg (Cuadro 3). Se puede observar a la necropsia en aves intoxicadas con arsénico diferentes grados de congestión y focos de hemorragia en pulmones, hígado, riñones e intestinos. Además en los pulmones se encuentran focos de consolidación, neumonía y enfisema; puntos blancos, cambio graso y disminución del tamaño en el hígado, puntos blancos en riñones y en ocasiones úlceras en la mucosa intestinal. Los cambios encontrados en la intoxicación crónica no difieren mucho de los descritos en la intoxicación aguda pero se presenta en adición sangre sin coagular en diferentes órganos. Por lo que se puede concluir que la intoxicación con arsénico tiene efecto principalmente en el sistema circulatorio de los animales (Cuadro 3).⁵⁰

La presencia de arsénico y otros contaminantes en el agua se asocia con un incremento en el tamaño de la bolsa de Fabricio, mientras que una deficiencia de

vitaminas y minerales esenciales en la dieta presentan el mismo efecto pero con mayor severidad, la restricción en el consumo de agua no altera el tamaño de este órgano.²

La intoxicación por arsénico inorgánico ocasiona proliferación focal y proliferación de los septos interalveolares en los pulmones y en los ductos biliares, áreas focales de cambio grasoso y necrosis, congestión de los sinusoides y engrosamiento de la vena central en el hígado; hemorragia extensa en los riñones y ulceración con pérdida de las vellosidades intestinales. El arsénico puede causar hemorragias equimóticas en el intestino de las aves, los rumiantes, y otras especies (Cuadro 3).⁵¹

Cuando existen contaminantes en el agua se observa un incremento en el tamaño de la molleja, el cual es progresivo si permanecen las aves consumiendo agua con contaminantes, en este caso la restricción en el consumo de agua causa un aumento en el tamaño de la molleja también, pero no tan evidente como con agua contaminada.²

Una dosis de 350 ppm de cadmio en el agua puede ocasionar un aumento del 100 % en el peso de la molleja y úlceras en 14 días. En dietas deficientes en vitamina E también se observa un aumento de tamaño en éste órgano (Cuadro 3).²

El peso relativo del páncreas de los pollos que son expuestos a mezclas de contaminantes en el agua de bebida se ve incrementado, también aumenta al disminuir la cantidad de vitaminas y minerales esenciales en la dieta, este incremento es más evidente en el día 49 que en el 21 de la exposición a contaminantes. Exposición crónica al tricloroetileno se ha visto asociada con toxicidad pancreática.²

El promedio del peso del hígado de las aves expuestas a contaminantes se incrementa, este efecto también se produce por disminución de vitaminas y minerales esenciales en la dieta, este incremento es más notable en el día 21 que en el 49, lo cual sugiere un posible periodo de adaptación de este órgano a los contaminantes. Este efecto no se observa al restringir el agua de bebida. En ratas se observa hepatomegalia con benceno y tricloroetileno en el agua, y con una sola dosis de cadmio de 78 mg/Kg ocurre necrosis hepática.²

Con una concentración alta de contaminantes en el agua el peso relativo del corazón disminuye (0.9 % del peso corporal) en comparación con animales que consumen agua potable *ad libitum* o restringida (1.1 % del peso corporal) en el día 21 de edad.²

Un incremento en el peso del corazón usualmente se desarrolla como respuesta compensatoria a un aumento en la carga de trabajo (Ej. hipertensión arterial sistémica). En animales de laboratorio una deficiencia de cadmio por tiempo prolongado en la dieta resulta en aterosclerosis e hipertensión, este efecto hipertensivo se puede potencializar con plomo. En pollos se observa hipertrofia cardiaca con dietas deficientes en cobre y miopatias como la que se presenta con deficiencia de vitamina E y selenio.⁵²

Dietas o agua con concentraciones altas en cadmio deprimen la absorción de cobre lo cual puede desencadenar un cuadro de deficiencia de cobre en los pollos (Cuadro 3).⁵³

En intoxicaciones causadas de manera experimental en pollos con tricloroetileno se puede observar hipoplasia eritroide, en ganado se observa un efecto similar pero también se ven afectadas las series trombocítica y granulocítica. En el hígado se presenta isquemia de las células centrolobulillares, lo que puede ocasionar una falla en el metabolismo y excreción de desechos normales y por consiguiente la muerte por toxemia. La intoxicación crónica ocasiona en perros y en gatos degeneración grasa del hígado, acidosis aguda, vómito severo, acetonuria y albuminuria, llegando a presentarse coma y muerte.²

6.7 Efectos de algunos contaminantes en reproductores y gallina de postura

El rendimiento reproductivo se estima determinando el porcentaje de incubabilidad, peso del pollito al nacer, mortalidad embrionaria y efectos teratogénicos. Cuando las concentraciones de contaminantes en el agua aumentan, aumenta la mortalidad embrionaria y disminuye el porcentaje de incubabilidad. La restricción en el

consumo de agua tiene un efecto menos adverso en los parámetros productivos en general que la inclusión de contaminantes en el agua aún con dosis muy bajas de estos.⁴⁵

En patas el peso del huevo no se afecta por la inclusión de arsénico 25 mg/Kg en la dieta por cuatro semanas, pero si disminuye el porcentaje de incubabilidad (Cuadro 3).⁵⁰

Gallinas que consumen agua con 30 ppm de cadmio disminuyen su consumo voluntario de alimento y producen menos huevos que gallinas que consumen agua sin cadmio, la gallina transfiere una pequeña porción de este elemento solo a la yema del huevo. Aun con concentraciones de cadmio que intoxican a las gallinas la cantidad que transfiere al huevo no pone en riesgo la salud de los consumidores. Este contaminante en el agua causa un cese de la producción de huevo que dura pocos días en las gallinas, después de esto la producción se reanuda presentando una ligera disminución. Las funciones reproductivas de machos y hembras se ven afectadas cuando se trata a los animales con 10 mg/Kg de peso corporal de cadmio.⁵³

Al dar a aves reproductoras pesadas agua con dos concentraciones diferentes de una mezcla de contaminantes (arsénico, cadmio, plomo, benceno y tricloroetileno) se observó que el consumo de agua no se afecta. En las gallinas se reduce el peso corporal en relación directa con la concentración de contaminantes, aunque en los machos no se aprecia ningún efecto. Aunque en los pollos la concentración de contaminantes en el agua causa disminución en el consumo de agua, este efecto no se pudo ver en reproductores machos ó hembras.⁴⁵

La producción de huevo se ve linealmente disminuida al aumentar la concentración de contaminantes en el agua, este decremento en la producción se debe únicamente a los contaminantes, y no a un bajo consumo de agua ni de alimento.⁴⁵ También se ha observado disminución en la producción de huevo en codornices con 1 ppm de plomo en el agua de bebida, en las que además 500 ppm de plomo en el agua de bebida causan disminución en el peso corporal.⁵⁴ En gallinas expuestas a 200 ppm de plomo por 4 semanas y con una sola dosis de 60 ppm de cadmio hay caída de la postura (Cuadro 3).⁴⁵

El Rexarson (compuesto orgánico de arsénico) reduce significativamente la producción de huevo en gallinas durante una exposición de 10 semanas con una dosis de 0.21 mg/Kg por Kg. diariamente. Se ha observado una baja de peso y caída de la producción en gallinas que reciben en la dieta una dosis de 100 ppm de arsénico inorgánico.⁵⁵

6.8 Intoxicación por químicos y metales en el agua en la avicultura

Al referirse a intoxicaciones por productos químicos debe entenderse que se refiere a compuestos orgánicos e inorgánicos no utilizados como medicamentos ni como componentes nutricionales. Se separan las micotoxinas que son compuestos tóxicos producidos por los hongos contaminando los alimentos y de las sustancias tóxicas que se encuentran de forma natural en los granos y otras materias primas como los taninos en el sorgo.⁵⁶

Se enfoca el tema a las intoxicaciones por productos químicos y residuos indeseables presentes en el agua haciendo referencia a los compuestos que al encontrarse en los alimentos pueden agravar o desencadenar un cuadro de toxicidad y/o pérdidas económicas al presentarse los contaminantes en el agua, tales como plaguicidas, plomo, cadmio, desinfectantes y en algunos casos a la administración de compuestos como es el caso de sales o medicamentos en el agua o alimentos.⁵⁶

Las intoxicaciones por desinfectantes dependerán del método y frecuencia de las aplicaciones, además del uso adecuado del compuesto de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. En esta categoría se incluyen desinfectantes, detergentes, ambientadores, etc.⁵⁷

Las intoxicaciones más frecuentes por desinfectantes se presentan en las granjas al tratar el agua de bebida. Es usual sustituir el trabajo de limpieza de los bebederos, tanques de agua y equipos involucrados en el suministro de agua por un aumento de las concentraciones del desinfectante en el agua. Los signos dependerán del producto utilizado, pero en forma general puede presentarse desde un cuadro clínico de

irritación de las vías respiratorias altas como un lagrimeo hasta la disminución de la ingestión de agua, presencia de aftas orales y alteraciones del tracto gastrointestinal.⁵⁷

6.9 Intoxicación por cobre en las aves

La adición de cobre a las aves en el agua de bebida por un período corto (aproximadamente 5 días) es una práctica común en la fase de crecimiento, en ocasiones se llega a combinar la adición en el agua y en el alimento.⁵⁸

En los pollos, la ganancia de peso disminuye los primeros 5 días que se agregan 204 ppm de cobre en el alimento, aunque no se afecta el consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y el consumo de agua, este efecto ya no se presenta al 6° día, estos resultados son congruentes con los que reportan que el crecimiento del pollo es sensible al cobre únicamente en las primeras etapas, esto puede deberse a un posible periodo de adaptación en los animales (Cuadro 3).⁵⁸

Cuando el cobre se agrega al agua en concentraciones desde 51.5 hasta 206 ppm se afecta el crecimiento desde el primer día e incluso después de los 6 días, siendo más evidente el efecto al aumentar la concentración de cobre, lo que puede significar que los pollos no se adaptan tan fácilmente al cobre en el agua de bebida como cuando se agrega en el alimento, o a que el cobre se absorbe más cuando se agrega en el agua en comparación a cuando se agrega en el alimento (Cuadro 3).⁵⁸

La concentración de cobre en el agua causa un aumento en el cobre plasmático, no siendo así cuando se agrega en el alimento. La concentración de cobre en el agua puede causar una reducción en el consumo de ésta (Cuadro 3), pero el cobre en el plasma aun se incrementa, por lo que se puede concluir que la absorción de cobre es mayor a partir del agua que del alimento utilizando en ambos casos el mismo tipo de sal.⁵⁸

La concentración de hemoglobina no se altera por el cobre en la dieta ni en el agua. La cantidad de cobre en el plasma aumenta con respecto a la dosis en el agua, por lo que se puede deducir que el cobre ingresa al organismo por un mecanismo de difusión simple que no se satura por la concentración.⁵⁸

Se concluye que al agregar cobre al agua de bebida en una concentración mayor a 51.5 mg/L se puede afectar el crecimiento de las aves. El efecto de combinar la adición de cobre en el agua y el alimento puede potencializar el peligro de intoxicación en las aves.⁵⁸

7. Sanitización del agua de bebida para las aves

7.1 Importancia de la sanitización del agua de bebida

El agua puede ser una fuente de contaminación cuando tiene una alta cantidad de microorganismos. Además de que sus características químicas pueden interferir con la digestión y buena absorción de nutrientes y aditivos tales como medicinas, vacunas y vitaminas.⁵⁶

Algunos aditivos pueden acumular una capa de polisacáridos mejor conocida como "biocapa" (del inglés *Biofilm*) dentro de la cual se reproducen microorganismos que contaminan el agua. Esto no se puede detectar a simple vista ya que está en las paredes internas de los sistemas de almacenamiento y distribución de agua. La acumulación de depósitos de sarro y calcio puede favorecer también la proliferación de microorganismos, además de que el sarro puede obstruir los bebederos y afectar a los aditivos. Los desinfectantes que se utilizan comúnmente para el agua de bebida no puede eliminar por completo los microorganismos, ya que éstos están en contacto con la materia orgánica que forma la biocapa. La única forma de eliminar la biocapa es oxidándola, ya sea con una solución estabilizada de peróxido de hidrógeno o con una mezcla de ácidos orgánicos, para esto se recomienda utilizar desinfectantes que sean específicos para agua, ya que los desinfectantes que comúnmente se utilizan sobre superficies no actúan adecuadamente en medios acuáticos.⁵⁶

7.2 Cloración del agua

También conocida como cloración, es el método más utilizado contra la contaminación por bacterias, además de que transforma algunos de los contaminantes químicos en compuestos menos dañinos. Por ejemplo, el cloro oxida los nitritos a nitratos que son menos tóxicos y reacciona con el sulfuro de hidrógeno y hierro para producir material sólido que puede ser removido por filtración o sedimentación. Tiene el

inconveniente de que se reduce su efectividad en presencia de materia orgánica. Los niveles recomendados son de 2 a 3 ppm en el último bebedero de la línea.⁵⁷

La cloración del agua es usada en un bajo porcentaje de granjas avícolas para eliminar del agua, partículas extrañas, impurezas químicas, olores y microorganismos que puedan causar enfermedad. El hipoclorito de sodio en concentraciones de hasta 150 ppm en el agua de bebida no presenta ningún efecto tóxico en las aves.⁵⁸

Una de los principales modos de transmisión de la salmonelosis y otras enfermedades bacterianas en la industria avícola es a través del agua de bebida. El agua de bebida se puede contaminar con *Salmonella* spp por materia fecal, desechos, alimento y polvo que las aves depositan en los bebederos, o por contaminación residual en los bebederos.⁵⁹

Si el agua de bebida está contaminada con *Salmonella* spp o alguna otra bacteria patógena cuando los pollitos llegan de la planta incubadora a la granja ocurre la ingestión de grandes cantidades de bacteria por los pollitos que son altamente susceptibles a las infecciones bacterianas.⁵⁹

La cloración de manera adecuada puede disminuir la ingestión de *Salmonella* por los pollos a través del agua de bebida, pero no puede reducir el número de unidades formadoras de colonia de *Salmonella* por gramo de contenido cecal en pollos de 14 a 21 días de edad.⁵⁹

Todas las cuentas bacterianas son superiores en el agua que no ha sido tratada con cloro, en comparación con el agua clorada.⁵⁹

La infección por *Salmonella* spp en algunas granjas es un problema grave y tiene además impacto en la salud pública, para prevenir la infección por *Salmonella* spp la cloración es un método efectivo ya que no se encuentran bacterias del género *Salmonella* spp en muestras de agua que contienen más de 0.1 ppm de cloro libre disponible (CLD).⁵⁹

Aunque el cloro puede controlar las bacterias en el agua, no puede controlar la colonización de los pollos con *Salmonella*, y los pollos que beben agua clorada presentan un ligero pero no significativo aumento de *Salmonella* por gramo de contenido cecal, en comparación con los pollos que beben agua sin clorar.⁵⁹

Los bebederos de niple mantienen niveles más altos de CLD que los bebederos de copa, estos a su vez que los de campana, y estos que los de canal. Los tres primeros mantienen suficiente CLD para que el agua que contienen tenga un efecto bactericida confiable, no siendo así con los bebederos de canal.⁵⁹

La reducción del CLD en el agua con los bebederos de niple en comparación con el tinaco es mucho menor que con el bebedero de campana. Esto es indiscutiblemente porque el sistema de bebedero de niple es completamente cerrado, y el agua no tiene contacto con ningún otro material, por lo mismo el pH también se mantiene más constante entre el tinaco y los bebederos (pH de 7.9 a 8.2), en los bebederos de campana la variación del pH va de 7.6 a 8.7.⁵⁹

Cuando se compara el agua obtenida de bebederos de niple con tratamiento de cloro y sin tratamiento por lo regular se aíslan menos bacterias de los bebederos con tratamiento de cloro, aunque en los que no tienen tratamiento por lo regular las cuentas bacterianas son bastante bajas, porque se trata de sistemas cerrados que difícilmente se exponen a contaminantes ambientales.⁵⁹

Cuando el agua clorada es repartida en bebederos abiertos, solo una cantidad mínima de cloro puede encontrarse, la concentración de cloro disminuye de 11.35 a 0.06 ppm, esta reducción se debe a que la demanda de cloro es muy alta ya que el contenido de materia orgánica es alto también. En los bebederos de canal es en los que el agua permanece mayor tiempo expuesta al medio ambiente, la variación del pH va de 8.3 en el tinaco a 7.4 en el bebedero. Debido a que el poder bactericida del cloro no se mantiene en los bebederos la cantidad y los géneros bacterianos aislados de los grupos tratados y sin tratamiento es muy similar en todos los días que se toman muestras.⁵⁹

En el caso de los bebederos de copa la cantidad de cloro en el agua en las primeras 2 semanas se reduce de manera importante en el bebedero, pero después de las 2 semanas ya que el consumo de agua es mayor y los bebederos se encuentran a mayor altura la contaminación con materia orgánica es menor y el cloro mantiene su concentración y poder bactericida en el bebedero.⁵⁹

El agua clorada no reduce la incidencia y el grado de infección por *Salmonella* en las aves en un ambiente contaminado, se han encontrado efectos similares utilizando una mezcla de ácidos orgánicos para desinfectar el agua. La razón por la cual se encuentra más *Salmonella* spp en los ciegos de aves que beben agua clorada se desconoce.⁵⁹

7.3 Suavizadores del agua

Reducen la dureza del agua reemplazando calcio y magnesio por sodio, sin embargo esto no reduce los sólidos totales disueltos y puede aumentar el contenido de sodio, por lo que el uso de suavizadores no se recomienda.⁵⁷

7.4 Polifosfatos para el agua

Son compuestos químicos que evitan la acumulación de sarro en el sistema, ya que hace que los minerales se disuelvan.⁵⁷

7.5 Enriquecimiento con oxígeno para sanitizar el agua

Existen comercialmente dos dispositivos electrónicos que utilizan la electrólisis para incrementar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Pure Water Co., Advanced Water Systems, Inc.).⁶⁰

El agua enriquecida con oxígeno mejora el rendimiento de los pollos en crecimiento, principalmente porque mejora la conversión alimenticia. Niveles altos de

oxígeno disuelto en el agua tienen efecto tóxico en los microorganismos del agua. En un experimento incrementando el oxígeno disuelto en el agua, se encontró que la cantidad de bacterias se reduce en el agua llegando prácticamente a no encontrar bacterias en el agua tratada, aunque los resultados en conversión alimenticia y peso corporal no mostraron diferencias significativas.⁶⁰

7.6 Efecto del agua tratada con yodo en pollos de engorda

El yodo es un nutriente esencial en el alimento de los pollos. La adición de yodo en el agua puede favorecer el crecimiento de los pollos principalmente por tres mecanismos, el primero es estimulando a la glándula tiroidea a producir una mayor cantidad de hormonas tiroideas y así acelerar el metabolismo y el crecimiento, la segunda es modificando la microflora del intestino incrementando la disponibilidad de los nutrientes, y por último ofrece efectos benéficos al potabilizar el agua.⁶¹

La adición de 2 ppm de yodo al agua de bebida en pollos de engorda aumenta significativamente la tasa de crecimiento después de las 4 semanas de edad, haciéndose notoria la diferencia en los pesos a las 8 semanas, ya que los pollos que recibieron agua tratada con yodo pesaron en promedio 140 g más. Aunque la eficiencia alimenticia no muestra diferencias. Este efecto también puede verse a las 6 semanas en pollos criados en baterías.⁶¹

Cuando la densidad de población es muy alta se puede observar comportamiento agonístico (conducta social agresiva) entre los pollos de la parvada compitiendo por el agua y el alimento. El comportamiento agonístico solo se hace evidente después de las 4 semanas de edad. En las casetas con sobrepoblación los pollos dominantes, especialmente los machos tienden a monopolizar el espacio de comederos y bebederos. Los efectos benéficos de la adición de yodo al agua pueden anularse por el estrés que causa una sobrepoblación de las casetas.⁶¹

oxígeno disuelto en el agua tienen efecto tóxico en los microorganismos del agua. En un experimento incrementando el oxígeno disuelto en el agua, se encontró que la cantidad de bacterias se reduce en el agua llegando prácticamente a no encontrar bacterias en el agua tratada, aunque los resultados en conversión alimenticia y peso corporal no mostraron diferencias significativas.⁶⁰

7.6 Efecto del agua tratada con yodo en pollos de engorda

El yodo es un nutriente esencial en el alimento de los pollos. La adición de yodo en el agua puede favorecer el crecimiento de los pollos principalmente por tres mecanismos, el primero es estimulando a la glándula tiroidea a producir una mayor cantidad de hormonas tiroideas y así acelerar el metabolismo y el crecimiento, la segunda es modificando la microflora del intestino incrementando la disponibilidad de los nutrientes, y por último ofrece efectos benéficos al potabilizar el agua.⁶¹

La adición de 2 ppm de yodo al agua de bebida en pollos de engorda aumenta significativamente la tasa de crecimiento después de las 4 semanas de edad, haciéndose notoria la diferencia en los pesos a las 8 semanas, ya que los pollos que recibieron agua tratada con yodo pesaron en promedio 140 g más. Aunque la eficiencia alimenticia no muestra diferencias. Este efecto también puede verse a las 6 semanas en pollos criados en baterías.⁶¹

Cuando la densidad de población es muy alta se puede observar comportamiento agonístico (conducta social agresiva) entre los pollos de la parvada compitiendo por el agua y el alimento. El comportamiento agonístico solo se hace evidente después de las 4 semanas de edad. En las casetas con sobrepoblación los pollos dominantes, especialmente los machos tienden a monopolizar el espacio de comederos y bebederos. Los efectos benéficos de la adición de yodo al agua pueden anularse por el estrés que causa una sobrepoblación de las casetas.⁶¹

8. Los desechos en la avicultura

8.1 El fósforo y el agua potable

Las sociedades normalmente desean mantener una productividad razonable en sus lagos, ríos y estuarios, y eso requiere una presencia moderada de nutrientes en los mantos de agua. En el agua cuando los nutrientes se encuentran en exceso se convierten en contaminantes. Históricamente, muchos mantos de agua han pasado de tener una baja productividad (oligotróficos) a condiciones de mayor productividad (mesotróficos), a condiciones de sobreproducción (hipertróficos o eutróficos). El resultado de esto es comúnmente un exceso de cianobacterias o algas verde-azules, anoxia, muerte de los peces, limitando la biodiversidad del manto acuífero.⁶²

La eutroficación se define como el enriquecimiento excesivo de las aguas superficiales con nutrientes minerales. El resultado es una sobreproducción de organismos autótrofos, especialmente algas y cianobacterias. Estas poblaciones de bacterias consumen mucho oxígeno, llevando a hipoxia o anoxia a las aguas profundas que tienen poco movimiento, y por las noches a las aguas superficiales cuando los vientos están en calma y el clima cálido. La disminución de oxígeno disuelto en el agua causa la muerte de los peces en los estanques, y provoca la liberación de muchos materiales que normalmente se encuentran ligados al fondo de los estanques, incluyendo fósforo en varias de sus formas. Esta liberación de fósforo contribuye también a la eutroficación.⁶²

Concentraciones excesivas de fósforo son la causa más común de eutroficación en los mantos de agua dulce, se cree que el nitrógeno en los océanos es el principal regulador de la producción primaria. Los estuarios son zonas de transición, en las que el nitrógeno y el fósforo causan problemas.⁶³

La anoxia no es lo más grave, sino que las algas y otros organismos anaerobios producen compuestos tóxicos dañinos para los humanos y animales. Desde la

perspectiva de los humanos es deseable prevenir la eutroficación de los mantos de agua para poder seguir explotando las fuentes de agua potable disponibles.⁶³

Las causas y los efectos de la eutroficación son muy complejos, y pueden variar de acuerdo con el sistema acuático, ya que los lagos y las presas se comportan de diferente forma que los ríos y corrientes y estos a su vez de los estuarios y aguas costeras.⁶³

El fósforo es descargado a las aguas servidas desde varias fuentes, las más comunes son las plantas de tratamiento de agua, pero con la inclusión de nueva tecnología para el tratamiento de aguas residuales y la mejora en las técnicas de extracción del fósforo, este actualmente se usa como fertilizante para la tierra, únicamente que como las tierras también se usan de manera más intensa esta es en la actualidad origen de exceso de fósforo para el agua.⁶²

Por ejemplo, las tierras que se usan para pastoreo extensivo liberan bajos flujos de nutrientes, pero los sistemas de producción intensivos producen mayores concentraciones de nutrientes. En estas explotaciones los nutrientes orgánicos e inorgánicos son aplicados a altas tasas. Por lo que son fuentes de contaminación potenciales si no se lleva a cabo un manejo adecuado de desechos.⁶²

8.2 Manejo de los desechos sólidos en la industria avícola para evitar la contaminación de los mantos freáticos

La industria avícola en los últimos 50 años ha pasado de ser una actividad de traspatio a una industria consistente en complejos altamente tecnificados, con el correspondiente incremento en los desechos producidos.⁶⁴

Al mencionar "mortalidad" se hace referencia a los cadáveres de aves que mueren durante el ciclo de producción y al referirse a desechos se hablará de las excretas ó gallinaza en el caso de las gallinas de postura y a las excretas más el material de cama ó pollinaza en el caso del pollo de engorda.

Es muy importante controlar: 1) el agua de desecho y los drenajes provenientes de las instalaciones en las que existen animales confinados, 2) los nutrientes contenidos en los desechos, y 3) los sistemas de irrigación.⁶⁴

Los rellenos sanitarios han reemplazado a los tiraderos de basura municipales, pero los rellenos sanitarios empiezan a ser más costosos y difíciles de establecer, ya que las regulaciones sanitarias son cada vez más estrictas y los terrenos para establecerlos son escasos.⁶⁵

Existen varias alternativas para manejar de manera adecuada los desechos de la industria avícola. La elección de la opción adecuada depende de la viabilidad, conocimiento y la capacidad económica para la operación. Algunas alternativas son:

1. Rellenos sanitarios. Pueden usarse para eliminar desechos de incubadoras, mortalidad de las aves y decomisos, pero esta es una solución que no es aplicable a todas las regiones, debido a la accesibilidad, el costo y las regulaciones ambientales locales.⁶⁴

2. Molienda. Es usada principalmente para convertir los desechos del proceso del pollo en un ingrediente para alimentación animal. Este método es útil también para los desechos de incubadoras y la mortalidad. La ubicación de la granja, facilidad para el transporte, y el costo pueden ser limitantes para aplicar esta práctica.⁶⁴

3. Extrusión. Consiste en forzar mecánicamente el material a través de un orificio pequeño, se puede utilizar para desechos de incubadoras y mortalidad. La estabilización de ácidos puede ayudar a reducir la frecuencia de recolección, los tanques de almacenamiento pueden ubicarse cerca de la granja. Esta parece ser una solución más económica que la congelación, especialmente para la mortalidad de las aves.⁶⁴

4. Compostas. Este proceso reduce el volumen de los materiales, destruye la mayoría de las bacterias patógenas, y estabiliza el material, entonces puede ser utilizado como fertilizante o ingrediente para dietas de animales, incluso de aves. La aireación mecánica y agitación del material en descomposición ha sido utilizada con

éxito para manejar los desechos por muchos años. La aplicación de esta tecnología ha resultado en la aparición de compañías dedicadas a realizar este proceso de manera comercial. Una modificación de esta práctica llamada "compactación profunda" es muy usada para la alimentación del ganado bovino.⁶⁴

5. Pozos de desecho. Han sido utilizados por muchos años, y están aprobados para el desecho de cadáveres en algunas áreas. En muchas ocasiones se construyen sin un adecuado fondo, por lo que son una fuente potencial de contaminación dependiendo del tipo de suelo y de la profundidad de los mantos de agua subterráneos, en ese caso se debe buscar otro método para manejar la mortalidad.⁶⁴

6. Lagunas y tanques cerrados. Se utilizan desde el año de 1960 para gallinas de postura y otras explotaciones animales. Se utilizan pozos simples y de varias etapas. En el futuro los tanques y lagunas deberán contar con recubrimientos para prevenir la contaminación.⁶⁴

7. Aplicación a la tierra como fertilizante. Es una práctica muy antigua y es aplicable en la actualidad. Los desechos deben ser incorporados al suelo para minimizar la pérdida de nutrientes y prevenir la contaminación. Cuando los desechos son aplicados sobre la tierra y no son incorporados al suelo, el 60 % del nitrógeno disponible se pierde en 7 días. El problema en algunas áreas es que no existe la extensión de tierra suficiente para disponer adecuadamente el material producido. Se recomienda aplicar un máximo de 5.6 toneladas de desechos por hectárea en cada aplicación y un máximo de 11.2 toneladas por hectárea cada año, esto es para reducir el riesgo de crear una fuente de contaminación potencial al sobrefertilizar la tierra.⁶⁴

8. Los desechos se llegan a utilizar como ingrediente para la dieta de los rumiantes, generalmente se agrega melaza, para esta práctica es muy importante separar la mortalidad de los desechos, ya que de lo contrario se favorece la presentación de botulismo en los rumiantes. También es importante vigilar la cantidad de minerales que se encuentra en los desechos para no llegar a causar toxicidad en los rumiantes. Se debe conocer la cantidad que se puede dar como alimento a cada especie, ya que existen diferencias entre los rumiantes en cuanto a sensibilidad a los

minerales contenidos en los desechos avícolas, por ejemplo los borregos son más sensibles al cobre que los bovinos.⁶⁴

8.3 Uso de los desechos de la industria avícola

Las cantidades de fósforo, potasio, nitrógeno, calcio, sodio y otros elementos deben definirse en los desechos, para poder agregar a los suelos niveles adecuados de estos minerales. La volatilidad del nitrógeno es importante para considerar la forma más apropiada de aplicación. Por ejemplo, en las aplicaciones superficiales cerca de la mitad del nitrógeno y de otros elementos mencionados se encuentran disponibles para ser utilizados por las plantas, en cambio la incorporación inmediata de los desechos en el suelo asegura que casi todo el nitrógeno quedará disponible para las plantas. En muchos países se han desarrollado lineamientos a seguir para utilizar los desechos de la industria avícola como fertilizante o ingrediente de los alimentos para animales.⁶⁴

El mal manejo de los desechos animales y algunos factores naturales pueden ocasionar lixiviación, que se define como la filtración de contaminantes de la superficie a los mantos de agua subterráneos.⁶⁴

Un problema crucial en los desechos de la industria avícola es la presencia de metales pesados, se han encontrado en compostas de desechos de la industria concentraciones entre 360 y 1,200 ppm de cobre, entre 276 a 568 ppm de cadmio y entre 22 a 43 ppm de arsénico, estas concentraciones pueden hacer a las compostas de desechos avícolas un ingrediente peligroso para alimentación animal. Por lo que en la actualidad es muy importante controlar los excesos de minerales en las dietas de las aves para que sus subproductos puedan seguir siendo utilizados como ingredientes en la alimentación de otros animales, principalmente de rumiantes, observando la sensibilidad de las especies a los elementos contenidos en los subproductos de la industria avícola y no se encarezca a futuro el manejo de los desechos de la industria.^{64, 65}

8.4 Impacto de la legislación de la calidad del agua en la industria avícola

En los países que existen regulaciones estrictas; los productores industriales de pollo y huevo tienen que enfrentar cambios continuos en los reglamentos de protección al ambiente, mismos que afectan la toma de decisiones en cuanto al manejo de los desechos y la viabilidad económica de las explotaciones.⁶⁶

Sería imposible imponer una ley federal que sea lo suficientemente específica y válida para todas las regiones, tipos de suelo, climas y sistemas de producción, por lo que las leyes que existen son vagas desde su definición.⁶⁶

El agua de desecho de las explotaciones proviene de:

- a) Agua utilizada para lavar los pisos de las casetas de las aves.
- b) Agua utilizada para la limpieza y lavado en la granja.
- c) Agua proveniente de los pozos de almacenamiento de desechos.⁶⁶

Las fuentes principales de contaminación de la industria agropecuaria se identifican como: nutrientes, sedimentos, desechos animales, sales minerales y pesticidas.⁶⁶

El agua de desecho y el drenaje de granjas con animales en confinamiento se define:

Almacenamiento en la granja del agua de desecho y drenaje, incluyendo el agua de lluvia que entre en contacto con desechos de animales. La estructura de almacén debe aislarse con plástico o debe ser construida de concreto, se puede utilizar tanque de almacenamiento.⁶⁶

Las descargas almacenadas y los sólidos sedimentados deben ser eliminados de acuerdo a un programa integral de manejo de desechos.⁶⁶

8.5 Manejo de los minerales en los desechos de la industria avícola

El propósito del manejo de los minerales interesa a los productores avícolas y agricultores, un plan de manejo de nutrientes incluye:

- a) La inclusión de nutrientes a niveles adecuados en la tierra.
- b) Mejorar el tiempo y la aplicación de los nutrientes a la tierra.
- c) Utilizar las herramientas de la tecnología para optimizar el aprovechamiento de los nutrientes.⁶⁶

La reincorporación a la tierra de minerales provenientes de los desechos animales debe realizarse de manera adecuada, con la debida asesoría y tomando en cuenta los tipos de suelos, los vegetales que se siembran en la región, los mantos de agua subterráneos y superficiales en el terreno, y en general las características del suelo, como pH y nutrientes que se encuentren en la tierra, con la finalidad de optimizar el aprovechamiento de los minerales y de no sobrefertilizar la tierra con algún elemento en particular, no afectando tampoco los mantos de agua de que se disponen.⁶⁶

8.6 Manejo de los desechos sólidos de la industria avícola y calidad del agua

El impacto del nitrógeno, fósforo y agentes patógenos en la calidad del agua superficial y subterránea ha forzado a la industria avícola a implementar medidas para el manejo de desechos.⁶⁷

Se pueden utilizar compuestos químicos para inmovilizar el nitrógeno y el fósforo en las heces o desechos. Si estas medidas y otras estrategias son seguidas de manera correcta, se puede proteger la calidad del agua sin afectar la economía de los productores.⁶⁷

Al menos cinco procesos son involucrados principalmente en el movimiento de nitrógeno y fósforo de los desechos animales hacia los mantos de agua superficiales y

subterráneos. Estos son: el manejo y almacenaje, la aplicación a la tierra y el tiempo de aplicación, y la filtración en los pisos de las casetas que tienen pisos permeables.⁶⁷

El mayor peligro para la calidad del agua se deriva del almacén de los desechos, manejo y la aplicación a la tierra de los desechos cuando estos aun contienen nitratos, fósforo y agentes patógenos, esto es cuando las lagunas o sitios de almacenamiento se encuentran cerca de fuentes de agua potable. Los nitratos y los patógenos pueden afectar a mantos de agua superficiales y profundos. Bajo condiciones normales el fósforo solo afecta al agua superficial.⁶⁷

Para inmovilizar el fósforo en los desechos animales se pueden utilizar aditivos químicos, los cuales pueden fijar el fósforo por varios años. Trabajos recientes reportan que el alumbre (hidróxido de aluminio), óxido de calcio, hidróxido de calcio, cloruro ferroso, cloruro férrico, sulfato ferroso y el sulfato férrico presentan efectos favorables para reducir la solubilidad del fósforo al agua en los desechos de la industria avícola bajo condiciones adecuadas de pH, cuando se tratan los desechos para inmovilizar el fósforo, estos pierden propiedades nutritivas hacia la tierra, solo son recomendables estos tratamientos en caso de que los desechos no vayan a ser incorporados a la tierra como fertilizante.⁶⁷

La aplicación a la tierra de los desechos de las aves es la mejor práctica de manejo, es aceptada fácilmente por los productores de pollo, por los agricultores y por el público en general si es realizada de forma adecuada. Muchos de los desechos de las aves pueden ser cargados en camiones al lado de la caseta y vertidos directamente del mismo camión a la tierra como fertilizante en campos cercanos a la explotación.⁶⁷

8.7 Lineamientos para la eliminación apropiada de desechos avícolas

1. Los almacenes de desechos de la industria avícola deben ser techados para prevenir que el agua de lluvias entre en contacto con los desechos. Los desechos de las aves no deben permanecer al aire libre, por lo menos deben ser cubiertos con materiales plásticos que aseguren que el agua puede escurrir sin entrar en contacto con los desechos. Los desechos no deberán acumularse

en lugares que puedan drenar hacia pozos, estanques o cualquier fuente de agua potable.⁶⁷

2. Los desechos de las aves cuando se aplican a la tierra no deben exceder 11.2 toneladas por hectárea cada año, aplicando cada ocasión un máximo de 5.6 toneladas por hectárea.⁶⁷
3. La aplicación de los desechos a la tierra no debe realizarse cuando el suelo está saturado de agua, congelado, con nieve o con clima lluvioso.⁶⁷
4. Los desechos no deben ser aplicados cuando la tierra tiene inclinación superior a 15 %, o en cualquier situación que favorezca que los desechos aplicados a la tierra puedan contaminar agua potable.⁶⁷
5. El suelo y subsuelo en el que se vayan a aplicar los desechos no debe contener rocas mayores de 8 metros y encontrarse a más de 30 metros de corrientes de agua, estanques, lagos, manantiales, pozos, y tomas de agua potable.⁶⁷
6. El avicultor debe conservar los registros de las fechas, cantidad y lugares específicos en los que sea aplicada la gallinaza. Si la gallinaza es comprada el registro también debe contener los datos del vendedor, las fechas, las cantidades, la procedencia y si es posible en que otras tierras se ha utilizado.⁶⁷
7. Los vehículos de transporte deben ser cerrados o cubiertos por lonas si se utilizan para transportar desechos de aves por carreteras federales o cualquier vía pública por más de 1.6 kilómetros.⁶⁷

Estos lineamientos han sido establecidos en Arkansas, EEUU con resultados satisfactorios, y las autoridades han confiado el cumplimiento de los lineamientos a los avicultores y los agricultores, únicamente han realizado programas educativos al personal involucrado, en los que se invita al personal a respetar los lineamientos.⁶⁷

8.8 Mercados potenciales para los desechos de la industria avícola

Las regulaciones ambientales tienden a hacerse más estrictas, lo que obliga a los avicultores a buscar mecanismos para dar un valor agregado a los desechos para convertirlos en subproductos.⁶⁷

Los mercados potenciales para los desechos de las granjas avícolas se pueden agrupar de la siguiente forma:

- 1) Como fertilizantes para el suelo.
- 2) Como ingrediente para alimentación de animales.
- 3) Como fuente de energía.⁶⁷

Ésta última ha sido investigada en los últimos 20 años con escasos resultados económicos. Estudios han demostrado que los desechos de las granjas avícolas pueden competir con fertilizantes comerciales si son empleados de manera adecuada y el costo por transportación no es muy alto, incluso en EEUU los desechos de granjas avícolas pueden ser transportados por 160 kilómetros y los costos les permiten seguir siendo competitivos con los fertilizantes comerciales.⁶⁷

El uso de desechos de aves para alimentar al ganado bovino es exitoso bajo circunstancias adecuadas y buen manejo, igualmente la aplicación de los desechos como fertilizante, especialmente cuando los suelos son infértiles por naturaleza y los desechos son aplicados de manera local.⁶⁷

En el estado de Arkansas, EEUU se estableció en 1993 una línea telefónica para comercialización de los desechos (Poultry Litter Marketing Hotline), como un contacto para que compradores y vendedores puedan efectuar sus operaciones. Esto ha facilitado que se pongan en contacto los vendedores de zonas de alta producción avícola con compradores de zonas con alta demanda de fertilizantes. Se estima que en 1993 se movilaron 27,000 toneladas de la región avícola del oeste de Arkansas hacia una región del mismo estado, localizada al este, conocida como zona del delta, que se ha especializado en la producción de arroz, para fertilizar las tierras ⁶⁷

9. Requerimiento de agua para la industria avícola

La fuente de agua debe proveer la suficiente cantidad para la explotación, hay que tomar en cuenta que para una caseta convencional (100 metros de largo por 10 de ancho) de pollo de engorda se necesitan alrededor de 8 litros por minuto (LPM) solo para bebida. Los sistemas de enfriamiento por evaporación (foggers o paredes húmedas) requieren aproximadamente 32 LPM por caseta. Por lo que una caseta con este equipo requiere unos 40 LPM. Los sistemas de enfriamiento con recirculación de agua son más eficientes que los que no recirculan el agua, ya que el agua que no se evaporó se recupera.⁶⁸

Es recomendable contar con una fuente de agua alterna para el caso en el que la primera llegue a fallar. Ya que si en época de calor la granja se queda sin agua los sistemas de enfriamiento no funcionarían y los pollos no podrían beber agua, lo que resultaría desastroso.⁶⁸

Generalmente las granjas utilizan agua de pozos profundos, ya que el agua de ríos y lagos requiere tecnología más costosa para ser filtrada y ofrecer una calidad adecuada para beber.⁶⁸

Cuando el agua a la vista se observa clara y sin turbidez se puede dar por hecho que tiene calidad adecuada para beber, pero solo se puede garantizar su calidad por pruebas de laboratorio.⁶⁸

Se han encontrado diferencias en la calidad del agua entre pozos cercanos y entre pozos incluso de la misma granja, lo que puede afectar el rendimiento de algunas casetas.⁶⁸

La cloración del agua ayuda a prevenir la contaminación por bacterias, y además el cloro por ser un agente oxidante favorece la combinación de los metales con oxígeno para que estos ya no causen problemas a las aves.⁶⁸

La elección del lugar para perforar el pozo es crítica, ya que cualquier pozo que se vaya a perforar debe estar alejado de fuentes de contaminación presentes o futuras. Desafortunadamente muchos pozos de granjas se encuentran contaminados con nitratos, bacterias y otros contaminantes.⁶⁸

Un pozo se debe perforar por lo menos a 30 metros de tanques sépticos y rellenos sanitarios, almacenes de pesticidas, petróleo, fertilizantes, desechos, o de corrales de animales. Y a 50 metros de lagunas de desecho y fosas para el desecho de animales muertos. Estas son las recomendaciones mínimas pero entre más lejos se localicen será mejor.¹

Los pozos jamás se deben construir sobre terrenos bajos o que corran el riesgo de inundarse, ya que cuando se acumule agua cerca de la boca del pozo puede contaminarse el agua subterránea por la filtración.⁶⁸

La construcción es muy importante, ya que debe contar con un sello que garantice que no se va a contaminar, una construcción inadecuada puede favorecer la contaminación del pozo.⁶⁸

Alrededor de la boca del pozo se debe construir una banquetta de por lo menos 60 cm hacia los lados y hacia arriba para prevenir la entrada de contaminantes hacia el pozo.⁶⁸

Se debe seleccionar un tamaño adecuado de bomba, para que tenga la potencia suficiente al sacar el agua del pozo y lo haga con la presión adecuada, hay que tomar en cuenta que el largo y el diámetro del tubo pueden reducir la presión del agua, generalmente en los pozos se utilizan bombas que trabajan a 60 libras por pulgada cuadrada (psi). La calidad de la bomba es muy importante, ya que una falla en esta dejará sin agua a las aves. también es importante contar con una alarma para cuando hay fallas de corriente y tener algún sistema de respaldo de energía.⁶⁸

Es recomendable contar con un tanque hidroneumático para que la bomba no funcione todo el tiempo, el intervalo entre cada vez que enciende la bomba no debe ser

menor a 6 minutos. El tanque hidroneumático debe tener 5 veces la capacidad del flujo de la bomba por minuto. Si se cuenta con un tanque que no sea hidroneumático este deberá tener 10 veces la capacidad del flujo de la bomba por minuto. El tanque hidroneumático debe seleccionarse por su capacidad de almacenamiento real y no por su equivalencia, como algunos constructores los clasifican.¹

Es frecuente que las granjas únicamente llenen los requisitos necesarios, es decir que no tienen un margen de seguridad, lo que generalmente resulta en problemas a la larga, ya que el equipo tiene fatiga y desgaste por el uso, esto generalmente ocasiona que el productor tenga más gastos derivados de las adaptaciones y reparaciones que se necesiten.⁶⁸

Los avicultores se deben asesorar con ingenieros hidráulicos y agencias de gobierno relacionadas con el agua y el medio ambiente.⁶⁸

9.1 Tamaño de las tuberías para el abastecimiento de las casetas avícolas

En el Cuadro 2 se presentan los diámetros generalizados de la tubería principal de abastecimiento; suponiendo que la caseta más lejana se encuentre a más de 90 metros del pozo. Si la distancia es mayor, o si existen diferencias en la elevación entre las casetas y el pozo se necesitarán tubos de mayor diámetro. El tamaño de la línea principal de abastecimiento se puede reducir entre las casetas, en la Figura 1 se muestra un ejemplo del diseño de la red de abastecimiento de una granja con cuatro casetas. Los sistemas se deben diseñar con la ayuda de un especialista. Se recomienda usar tubo de PVC para la distribución de agua de las granjas y las casetas avícolas.⁶⁸

Los materiales de los tubos deben ser preferentemente lisos para evitar que se puedan formar incrustaciones, así como también las líneas deben ser lo más rectas posibles. Se recomiendan los materiales sintéticos instalados lo más horizontal posible y sin curvas en el trayecto.⁶⁸

Los tubos que van hacia las casetas deben estar enterrados, para evitar que en climas fríos el agua se enfríe demasiado, ya que en climas extremos si el agua se congela dentro del tubo de PVC lo puede romper, y en climas cálidos el agua se caliente, ya que de esta forma las aves la rechazarán.⁶⁸

El diámetro del tubo depende del gasto de agua (Cuadro 2) y de la distancia a la que hay que llevar el agua. Si el tubo no tiene el diámetro suficiente la presión puede disminuir, el flujo necesario no se cubrirá y esto se verá reflejado en el rendimiento de las parvadas.⁶⁸

10. Impacto de la avicultura en la calidad del agua

En la avicultura comercial se utilizan una gran cantidad de compuestos químicos. Muchos de los productos que se utilizan en las diferentes fases de la producción son: desinfectantes, pesticidas, desodorizantes, entre otros, el éxito del uso de estos radica en incorporarlos en programas de bioseguridad integrales.⁶⁹

La seguridad y efectividad del uso de productos químicos en la producción avícola se basa en la selección adecuada de los productos, el manejo, almacén, aplicación y desecho seguros; todo esto dentro de un programa integral bien planeado y realizado. Los programas deben conservarse por escrito y ser revisados periódicamente.⁶⁹

Categorías de uso:

Productos para limpieza y desinfección. En esta categoría se incluyen los detergentes, desinfectantes, desodorizantes, desincrustantes y posibles combinaciones. Se utilizan para prevenir, reducir o eliminar poblaciones microbianas en objetos inanimados, superficies, o instalaciones que sea necesario se encuentren limpias y desinfectadas. Esta categoría de productos químicos es utilizada en todas las fases de la producción avícola, aunque los métodos y la frecuencia de aplicación entre las fases puede variar considerablemente. En las pollitas, reproductores, ponedoras y pollo de engorda los desinfectantes se utilizan en las instalaciones entre una parvada y otra, rara vez se aplican durante la fase productiva de los animales. Una excepción es la desinfección de los huevos incubables, que se realiza como rutina al recolectar el huevo puesto, o en la incubadora. Los métodos de aplicación de los desinfectantes varían de acuerdo a la superficie de aplicación, puede ser directa, en atomización, en forma de brisa, evaporación o fumigación.⁶⁹

Los productos son efectivos y seguros para el ambiente y el agua potable si son utilizados de acuerdo a las instrucciones de uso, además de esta forma se garantiza que sean económicos, ya que el beneficio que se obtiene por su uso es duradero.⁶⁹

11. Toma y envío de muestras de agua para su análisis en el laboratorio

La toma de muestras así como su envío adecuado son puntos clave que no se deben pasar por alto para que los resultados que nos entregue el laboratorio sean lo más confiable y nos ayuden a tomar las decisiones correctas.⁷⁰

11.1 Recolección de muestras para análisis bacteriológico

El procedimiento para la recolección de muestras de agua para análisis bacteriológico, depende del tipo de agua que se desea muestrear.⁷⁰

La toma de muestras se debe realizar en frascos limpios y esterilizados. En su interior se debe colocar previo a la esterilización 0.1 cm³ de solución de tiosulfato de sodio al 1 % con el propósito de inhibir la acción del cloro que pueda contener la muestra, cubriendo además el tapón del frasco hasta el cuello con papel aluminio.⁷⁰

El frasco no debe ser llenado a más de 2/3 de su capacidad, ya que se necesita dentro del frasco espacio para homogenizar la muestra. Las muestras no se deben contaminar. El frasco no se debe abrir hasta el momento de tomar la muestra. Al muestrear, se debe evitar que el cuello del frasco se ponga en contacto con los dedos o cualquier otro material contaminante.⁷⁰

El examen de la muestra se debe hacer lo más pronto posible, para evitar la proliferación o muerte de las bacterias. Para que el estudio sea confiable debe realizarse preferentemente en un periodo no mayor a una hora después de la toma de muestra.⁷⁰

El volumen de muestra suficiente para el análisis bacteriológico, de preferencia debe ser aproximadamente 100 ml. Es importante que todas las muestras estén acompañadas de datos completos y exactos de identificación y descripción.⁷⁰

11.1.1 Muestreo superficial

1. Quitar el papel aluminio del cuello del frasco; introducir el frasco aproximadamente a 30 cm debajo de la superficie del agua.⁷⁰
2. Destapar el frasco dentro del agua. La boca del envase debe quedar en sentido contrario al flujo de la corriente. Si no existe corriente, crearla empujando el frasco horizontalmente, en dirección opuesta al movimiento de la mano.⁷⁰
3. Una vez que la muestra ocupe el volumen correspondiente (2/3 del frasco); se debe tapan sin sacarlo del agua, cuidando que el papel aluminio vuelva a cubrir el cuello del frasco.⁷⁰
4. Si no es posible la recolección de muestras en las condiciones antes enunciadas, fijar un lastre al frasco, al que se hace descender en el agua.⁷⁰

11.1.2 Muestreo de pozos y grifos

1. Si el pozo está provisto de bomba de mano, bombear durante 5 minutos dejando que el agua fluya libremente, antes de tomar la muestra.⁷⁰
2. Si el pozo está provisto de bomba mecánica, tomar la muestra proveniente en una llave previamente flameada, dejando que el agua fluya libremente 5 minutos antes de tomar la muestra.⁷⁰
3. Al efectuar el muestreo, se debe evitar que el agua escurra fuera del frasco; además se deben flamear los bordes del frasco y el tapón durante el muestreo. Esto se hace con el fin de mantener al máximo las condiciones de asepsia.⁷⁰

4. Si no se cuenta con equipo de bombeo, tomar la muestra directamente del pozo por medio de un frasco estéril con lastre. En este caso se debe evitar la contaminación de la muestra por las natas superficiales.⁷⁰
5. Si se trata de tomar una muestra de un grifo del sistema de servicio, flamear el grifo y abrirlo completamente, dejando que el agua fluya por 2 o 3 minutos, o el tiempo suficiente para permitir purgar la línea.⁷⁰
6. En el momento del muestreo, restringir el flujo de la llave para que se pueda llenar el frasco sin salpicaduras.⁷⁰

11.1.3 Preservación y almacenamiento de las muestras de agua

El análisis bacteriológico de la muestra debe practicarse inmediatamente después de su recolección. Es por ello que se recomienda que de no efectuarse así el análisis, se inicie dentro de las dos horas próximas a la recolección de la muestra y en ningún caso, este lapso debe exceder de 24 horas para agua potable y de 6 horas para otros tipos de agua para que sea válido el resultado del análisis. Durante el periodo que transcurre del muestreo al análisis, se debe conservar la muestra a 4 °C, con objeto de inhibir la actividad bacteriana para no obtener resultados falsos o dudosos.⁷⁰

V. CONCLUSIONES

Algunos investigadores se han interesado en como la calidad del agua afecta el rendimiento de la industria avícola en general. Otros han explorado las vías para el procesamiento adecuado de los subproductos y desechos de la industria para prevenir la contaminación.

Cuando se revisa un artículo científico que describe los daños que causan las sales en el agua de bebida es muy importante conocer cuales son las observaciones que se evaluaron. Se pueden encontrar artículos en los que las sales se agregan al agua en concentraciones que se encuentran en la naturaleza, mientras que en otros se utilizan cantidades imposibles de encontrar en mantos de agua dulce. Así que el valor científico de estos, es solo para evaluar los daños que pueden causar dosis letales de estas sales; así como las lesiones que se encuentran en los órganos que se afectan, teniendo poco valor aplicativo para la explotación de aves de manera comercial. Los artículos en los que se utilizan concentraciones encontradas en la naturaleza son de gran utilidad applicativa en la industria, ya que permiten predecir los daños que pueden sufrir las aves si se conoce la calidad del agua que se utiliza en una explotación y de ser posible, prevenir las pérdidas que puedan esperarse.

La toxicidad y los efectos acumulativos de los contaminantes dependen de la susceptibilidad de la especie, la solubilidad del compuesto, el tiempo de exposición y de la dosis recibida.

La calidad del agua está en relación directa con el desempeño de las aves. Concentraciones altas de minerales, bacterias o sustancias tóxicas tienen un efecto negativo sobre los procesos fisiológicos, causando mal desempeño de los animales. Concentraciones altas de minerales también pueden restringir el flujo del agua hacia los animales por taponamiento y deterioro de las tuberías y los equipos de abastecimiento de agua. Esto puede causar problemas en los bebederos, camas húmedas y por lo tanto enfermedades.

La calidad del agua está determinada por varios parámetros o criterios, como son el físico, químico, bacteriológico y biológico. Todos los criterios de calidad del agua deben ser considerados si se busca obtener la mayor eficiencia productiva.

Cuando no se cuenta con información acerca de la calidad del agua necesaria para ser bebida por las aves se pueden tomar como base fuentes de información para otras especies, incluso para los humanos. Muchas guías se han basado en el efecto de los contaminantes únicamente sobre la mortalidad y dejan a un lado la productividad, para el caso de la industria avícola se recomienda obtener la información a partir de fuentes que evalúen la productividad. Las interacciones entre los minerales así como la cantidad real de agua consumida, hacen difícil establecer los niveles tóxicos para algunos contaminantes.

El envío de muestras es un punto clave, así como la interpretación correcta de los resultados de laboratorio para poder tomar las acciones que corrijan el problema de la granja.

Las correcciones para el exceso de sodio se pueden hacer reduciendo el sodio que se agrega al alimento, lo cual debe ser realizado por un nutricionista después de determinar el contenido de sodio del agua, ya que las aves también son susceptibles a deficiencias de sodio.

Es importante cuando se va a medicar a la parvada por el agua de bebida tomar en cuenta las interacciones que puede haber de los medicamentos con los contaminantes del agua; por ejemplo los antibióticos del grupo de las tetraciclinas en presencia de calcio forman un sedimento insoluble, por lo que se pueden bloquear las tuberías y el medicamento queda indisponible para las aves.

Una posible consecuencia con el sistema de agua de bebida contaminado es que cuando se adicionan medicamentos al agua de bebida, -por ejemplo antibióticos,- los microorganismos morirán, pero otros microorganismos como algas y hongos tendrán la oportunidad de proliferar, por lo que aumenta la posibilidad de que se formen toxinas.

El agua de bebida de mala calidad es causante de muchos problemas, estos problemas pueden ser desde enfermedades inespecíficas, baja en la producción o hasta una alta tasa de mortalidad.

En granjas nuevas o en las que ya tienen tiempo trabajando, una pequeña inversión en pruebas para la calidad del agua, puede revelar problemas insospechados, que se pueden corregir y retribuir económicamente al productor.

VI. LITERATURA CITADA

1. Poultry water quality consortium. Poultry water Quality handbook. 2nd edition expanded. USA (Tennessee): EUA.
2. Vodela JK, Renden JA, Lenz SD, McElheenny WH and Kempainen BW. Drinking water contaminants (arsenic, cadmium, lead, benzene, and trichloroethylene). 1. Interaction of contaminants with nutritional status on general performance and immune function in broiler chickens. Poultry Sci 1997; 76: 1474-1492.
3. Importance of hygienic drinking water. Intl Poultry Prod 1995; 30 (5):17-19.
4. Pesti GM. Water consumption of broiler chickens under commercial conditions. Poultry Sci 1985; 64: 803-808.
5. Scott M, Nesheim M, Young R. Nutrition of the chicken. 3rd ed. Ithaca New York: M. L. Scott & Associates. Cornell University, 1982.
6. May JD, Lott BD, Simmons JD. Water consumption by broilers in high cyclic temperatures; Bell versus nipple waterers. Poultry Sci 1997; 76: 944-947.
7. Barton, T. Relevance of water quality to broiler and turkey performance. Poultry Sci, 1996; 75: 854-856.

8. Ogunji P, Brewer R, Roland D, Caldwell D. Effect of dietary sodium chloride, protein, and strain difference upon water consumption and fecal moisture content of broiler breeder males. *Poultry Sci* 1983; 62: 2497-2500.
9. Bennett CD, Leeson S. Water usage of broiler breeders. *Poultry Sci* 1989; 68: 617-621.
10. Marks H, Baik D. Selection for eight-week body weight in two randombred chicken populations under altered water to feed ratios. 2. Feed intake, water intake and abdominal fat levels. *Poultry Sci* 1994; 73: 1489-1498.
11. May JD, Lott BD. Feed and water consumption patterns of broilers at high environmental temperatures. *Poultry Sci* 1992; 71: 331-336.
12. Marks HL. The roles of protein level and diet form in water consumption and abdominal fat deposition of broilers. *Poultry Sci* 1984; 63: 1617-1625.
13. Damron BL. The relationship of maximum or intermediate coccidiostat levels to broiler chick water intake. *Poultry Sci* 1994; 73: 33-36.
14. Marks HL. Role of water in regulating feed intake and feed efficiency of broilers. *Poultry Sci* 1981; 60: 698-707.
15. Marks HL. The role of water intake on sexual dimorphism for early growth of broilers. *Poultry Sci* 1986; 65: 433-435.

16. Yalda A, Forbes J. Food intake and growth in chickens given food in the wet form with and without access to drinking water. *Br Poultry Sci* 1995; 36: 357-369.
17. Van der Sluis W. Watering systems depend on water quality and pressure. *World Poultry* 2001; 17 (5): 30-32.
18. North M, Bell D. *Commercial Chicken Production Manual*. 4th ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.
19. Seasonal water pressure. *Intl Poultry Prod* 2000. 8 (8): 35.
20. Clean sanitary water. *Intl Poultry Prod* 2001. 9 (2): 31.
21. Adams A, Cunningham F, Munger L. Some effects on layers of sodium sulfate and magnesium sulfate in their drinking water. *Poultry Sci* 1975; 54: 707-714.
22. Mubarak M, Sharkawy AA. Toxopathology of gout induced in laying pullets by sodium bicarbonate toxicity. *Env Toxicol and Pharmacol* 1999; 7(4): 227-236.
23. Owen R, Wideman R, Leach R, Cowen B, Dunn P, and Ford B. Effect of age exposure and dietary acidification or alkalization on broiler pulmonary hypertension syndrome. *J Appl Poultry Res* 1994; 3: 244-252.
24. Shlosberg A, Bellaiche M, Berman E, Ben David ADN. Comparative effects of added sodium chloride, ammonium chloride, or potassium bicarbonate in the

- drinking water of broilers, and feed restriction, on the development of the ascites syndrome. *Poultry Sci* 1998; 77: 1287-1296.
25. Eklund M, Dowell V. *Avian Botulism. An International Perspective*. Illinois: Charles C Thomas Publisher, 1987.
26. Jeffrey J, Droual R, Meteyer C, Galey F, Kinde H, Medina H. Recurrent transient paresis in a turkey flock. *Avian Dis* 1992; 36: 760-765.
27. Dohms J, Allen P, Rosenberger J. Cases of type C botulism in broiler chickens. *Avian Dis* 1981; 26(1): 204-210.
28. Pecelunas K, Wages D, Helm J. Botulism in chickens associated with elevated iron levels. *Avian Dis* 1999; 43: 783-787.
29. Jensen L, Casey J, Savage S, Britton W. An association of hardness of water with incidence of fatty liver syndrome in laying hens. *Poultry Sci* 1976; 55: 719-724.
30. Carmichael WW. Cyanobacteria Secondary Metabolites (review). *Journal Applied Bacteriology* 1992; 72: 445-459.
31. Nishiwaki-Matsushima R, Ohta T, Nishiwaki S, Saganuma S, Kohyama K, Ishikawa T, Carmichael WW, Fujiki H. Liver tumor promotion by the cyanobacterial cyclic peptide toxin Mycrocystin-LR. *J. Cancer Clin Oncol* 1992; 118: 420-424.

32. Branton S, Lott B, Austin F, Phar G. Effect of drinking water containing ammonium chloride or sodium bicarbonate on *Mycoplasma gallisepticum* isolation in experimentally infected broiler chickens. Avian Dis 1997; 41: 930-934.
33. Coetzee C, Casey N, Meyer J. Fluoride tolerance of laying hens. Br Poultry Sci 1997; 38: 597-602.
34. Howard B. Water balance of the hen during egg formation. Poultry Sci 1975; 54: 1046-1053.
35. Zhang D, Moreng RE and Balnave D. Reproductive performance of artificially inseminated hens receiving saline drinking water. Poultry Sci 1991; 70: 776-779.
36. Sturkie PD. Avian Physiology. 4th ed. New York: Springer-Verlag, 1986.
37. Austic RE. Excess dietary chloride depresses eggshell quality. Poultry Sci 1984; 63: 1773-1777.
38. Yoselewitz I, Zhang D, Balnave D. The effect on egg shell quality of supplementing saline drinking water with sodium or ammonium bicarbonate. Australian J Agr Res 1990; 41: 1187-1192.
39. Balnave D, Yoselewitz I. The relation between sodium chloride concentration in drinking water and eggshell damage. Br J of Nutr 1987; 58: 503-509.

40. Yoselewitz I, Balnave D. Responses in egg shell quality to sodium chloride supplementation of the diet and/or drinking water. *Br Poultry Sci* 1989; 30: 273-281.
41. Balnave D, Yoselewitz I, Dixon RJ. Physiological changes associated with the production of defective egg-shells by hens receiving sodium chloride in the drinking water. *Br J of Nutr* 1989; 61: 35-43.
42. Yoselewitz I, Balnave D. The influence of saline drinking water on the activity of carbonic Anhydrase in the shell gland of laying hens. *Australian J Agr Res* 1989; 40: 1111-1115.
43. Yoselewitz I, Balnave D. Egg shell quality responses of pullets given saline drinking water at different ages. *Br Poultry Sci* 1989; 30: 715-718.
44. Balnave D, Zhang D, Moreng E. Use of ascorbic acid to prevent the decline in eggshell quality observed with saline drinking water. *Poultry Sci* 1991; 70: 848-852.
45. Vodela JK, Renden JA, Lenz SD, McElheenny WH and Kemppainen BW. Drinking water contaminants (arsenic, cadmium, lead, benzene, and trichloroethylene). 2. Effects on reproductive performance, egg quality, embryo toxicity in broiler breeders. *Poultry Sci* 1997; 76: 1493-1500.

46. Underwood EJ, The mineral Nutrition of livestock., 2nd ed. England: Commonwealth Agricultural Bureau, 1981.
47. Bakalli RI, Pesti GM and Ragland WL. The magnitude of lead toxicity in broiler chickens. *Vet Hum Tox* 1995; 37 (1): 15-19.
48. Avadhesh Kumar RS, Chauhan RS and Singh NP, Immunopathological effect of lead on cell mediated immunity in chickens. *Indian J of Vet Pat* 1998; 22 (1): 22-25.
49. Koller LD, Effects of environmental contaminants on the immune system. *Advances in comparative medicine*, vol. 23, Academic Press, Inc. U. S. A 1979.
50. Moloy Roy RK, Ghosh TK, Chakraborty AK and Basak DK. Induced arsenic toxicity in ducks. *Indian J Vet Pat* 1996; 20 (2): 140-141.
51. Prier RF, Ness PO and Derse PH. The toxicity of an organic arsenical, 3-Nitro-4-hydroxyphenylarsonic Acid II. Chronic Toxicity. *Tox Appl Pharmacology* 1963; 5: 526-542.
52. Gillespie JR. *Modern Livestock & Poultry Production*. 5th ed. USA: Delmar Publishers 1997.
53. Sell JL. Cadmium and the laying hen: apparent absorption, tissue distribution and virtual absence of transfer into eggs. *Poultry Sci* 1975; 54: 1674-1678.

54. Edens FW and Garlich JD. Lead-Induced egg production decrease in leghorn and Japanese quail hens., Poultry Sci 1983; 62: 1757-1763.
55. Garner RJ. Veterinary Toxicology, 3rd ed. England: Bailliere Tindall & Cassell 1967.
56. La importancia del agua de bebida en la producción avícola. Los avicultores y su entorno 2001; 4 (22): 51-53.
57. La calidad del agua de bebida para las aves: niveles de minerales y bacterias aceptables. Tecnología avipecuaria 1996; 13 (153): 68-70.
58. Ward T, Watkins K, Southern L. Interactive effects of dietary copper and water copper level on growth, water intake, and plasma and liver copper concentrations of poults. Poultry Sci 1994. 73: 1306-1311.
59. Poppe C, Barnum D, Mitchell W. Effect of chlorination of drinking water on experimental salmonella infection in poultry. Avian Dis 1985. 30 (2): 362-369.
60. Zimmermann N, Wyatt C, Dhillon A. Research note: effect of electronic treatment of drinking water on growth performance of broiler chickens. Poultry Sci 1991; 70: 2002-2005.
61. Stanley V, Bailey J, Krueger W. Research note: effect of iodine-treated water on the performance of broiler chickens reared under various stocking densities. Poultry Sci 1989; 68: 435-437.

62. Sharpley A. Symposium: Reducing the environmental impact of poultry production: Focus on phosphorus. Agricultural phosphorus, water quality, and poultry production: are they compatible. Poultry Sci 1999; 78:660-673.
63. Waldroup P. Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion by poultry. Poultry Sci 1999; 78:683-691.
64. Pope C. Poultry production's environmental impact on water quality. Poultry Sci 1991; 70: 1123-1125.
65. King A. Symposium: water quality and poultry production. Poultry Sci 1996; 75: 852-853.
66. Morse D. Impacts of water and air quality legislation on the poultry industry. Poultry Sci 1996; 75: 857-861.
67. Chapman S. Soil and solid poultry waste nutrient management and water quality. Poultry Sci 1996; 75: 862-866.
68. Donald J. Water requirements for broiler production. Poultry Dig 2000; 59 (6): 12 - 18.
69. Eckman MK. Chemicals used by the poultry industry. Poultry Sci 1994; 73: 1429-1432.

70. Norma Oficial Mexicana. NOM-AA-42-1987. Calidad del agua-determinación del número más confiable de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva.

71. Donald J. Water requirements for broiler production. Poultry Dig 2000; 59 (6): 12-18.

72. Quintana L., J., Avitecna, 3ª ed. México: Trillas 1999.

VII. CUADROS

Cuadro 1. Calidad estándar del agua necesaria para la industria avícola

| Contaminantes | Máximo aceptable | Comentarios |
|---|--|---|
| BACTERIAS Totales Coliformes | 100/mL 50/ml | 0/mL es deseable 0/mL es deseable |
| DUREZA / pH Dureza Total pH Sólidos totales disueltos | 110 ppm 6.5 – 8.0 500 mg/L | <60 es inusual; > 180 es muy dura < 6 es indeseable; < 6.3 afecta el rendimiento Máximo recomendado para agua de bebida en animales |
| NITROGENADOS Nitritos Nitratos | 4 mg/L 25 mg/L | Concentraciones mayores pueden afectar el rendimiento Concentraciones mayores pueden afectar el rendimiento |
| QUÍMICOS Arsénico (As) Cadmio (Cd) Calcio (Ca) Cobalto (Co) Cromo (Cr) Fósforo (P) Cloro (Cl) Cobre (Cu) Hierro (Fe) Mercurio (Hg) Plomo (Pb) Magnesio (Mg) Sodio (Na) Manganeso (Mn) Sulfato (SO ₄) Selenio (Se) Vanadio (Vd) Yodo (I) Zinc (Zn) | 0.05 mg/L 0.05 mg/L 173 mg/L 0.005 mg/L 1.0 mg/L 5 mg/L 1.9 mg/L 0.6 mg/L 0.3 mg/L 0.01 mg/L 0.02 mg/L 125 mg/L 50 mg/L 3.23 mg/L 72 mg/L 0.001 mg/L 0.1 mg/L 0.33 mg/L 1.5 mg/L | Mayor concentración es tóxica Mayor concentración es tóxica ----- Mayor concentración es tóxica ----- Desde 14 mg/L puede ser detrimental ----- Mayor concentración produce sabor amargo Mayor concentración produce mal olor y sabor Mayor concentración es tóxica Mayor concentración es tóxica Mayor concentración produce efecto laxante Mayor concentración afecta si son altos cloruros y sulfuros ----- Mayor concentración tiene efecto laxante, > a 50 mg/L afecta el rendimiento si esta alto Mg. Mayor concentración es tóxica Mayor concentración es tóxica ----- Mayor concentración es tóxica |
| SALES Fluoruros Cloruro de sodio | 14 mg/L 200 mg/L | Concentraciones más altas causan baja en la producción Concentraciones mayores causan defectos en el cascarón |

Donald J. 2000.⁷¹ / Quintana J. 1999.⁷² / Coetzee C. 1997.³³ / Zhang D. 1991.³⁵ / Poultry Water Consortium

Cuadro 2. Tamaño de las tuberías para el abastecimiento de las casetas avícolas

| Tasa de flujo: Litros por minuto (LPM) | Diámetro del tubo (pulgadas) |
|--|------------------------------|
| 1-38 | 1 |
| 38-76 | 1.25 |
| 76-114 | 1.5 |
| 114-190 | 2 |
| 190-266 | 2.5 |
| 266-380 | 3 |

Tomado de: Curtis, L. Factores clave del agua en la producción de pollos. *Industria Avícola*, 2001. Vol. 48 No. 7:26-31.⁶⁸

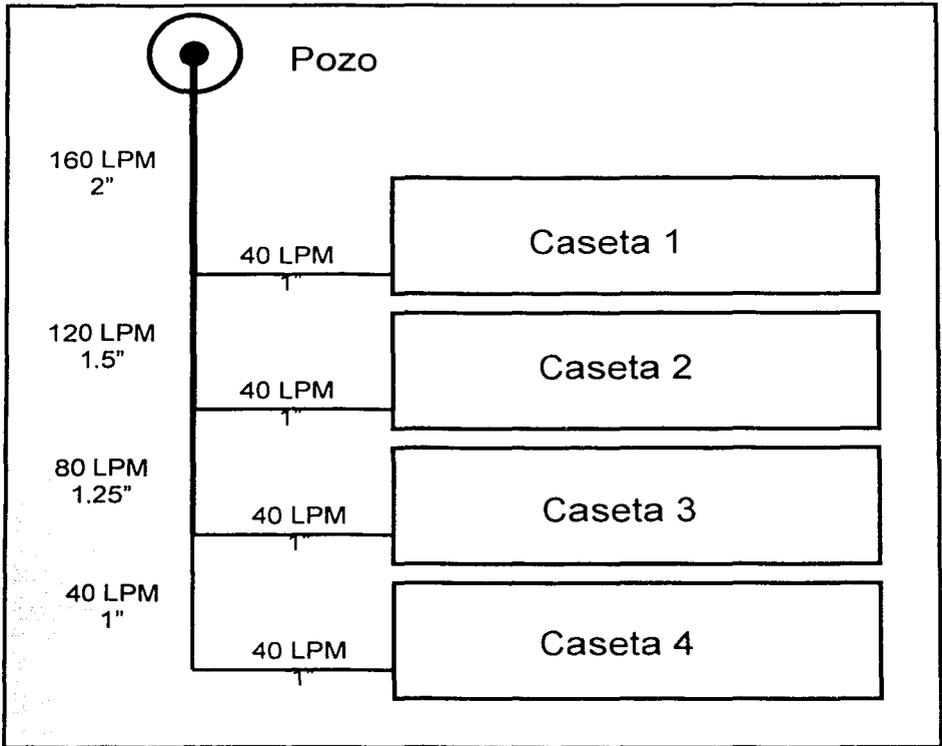
Cuadro 3. Efectos de algunos contaminantes en las aves

| Contaminante | Concentración | Efecto |
|--|----------------|--|
| Cadmio | 30 ppm | Reduce consumo de alimento y postura de huevo en gallinas |
| | 60 ppm | Caída de la postura con una sola dosis |
| | 350 ppm | Deprime absorción normal de cobre Aumento del 100 % en la molleja y úlceras en 14 días |
| | 700 ppm | Disminuye la producción de anticuerpos Aumento de tamaño en molleja y flacidez Atrofia del proventriculo |
| Cobre | 51 a 206 ppm | Disminuye consumo de agua Disminuye la ganancia de peso los primeros 5 días de la exposición |
| Plomo | 1 ppm | Anorexia Reduce ganancia de peso Afecta conversión alimenticia |
| | 1 ppm | Baja producción de huevo en codornices |
| | 200 ppm | Bloquea receptores del complemento en linfocitos Disminuye la producción de anticuerpos Baja en la cuenta de leucocitos Disminuye la inmunidad celular Baja producción de huevo en gallinas |
| Trióxido de arsénico (Compuesto inorgánico) | 25 mg/kg | Disminuye porcentaje de incubabilidad en patas |
| | 50 a 300 mg/kg | Dosis letal 50 % en aves de corral Congestión y hemorragia en pulmones, hígado, riñones e intestino Consolidación, neumonía y enfisema en pulmones Cambio graso y disminución de tamaño en el hígado Úlceras y hemorragias equimóticas de la mucosa intestinal |
| | 100 ppm | Baja de peso y caída de producción en gallinas |
| Rexarsona (Compuesto orgánico de arsénico) | 0.21 mg/kg | Reduce producción de huevo en gallinas en 10 semanas |
| Tricloroetileno | No disponible | Hipoplasia eritroide Isquemia de células centrolobulillares |

Vodela J: 1997⁴, Vodela J: 1997⁴⁵, Avadesh Kumar R: 1998⁴⁸, Moloy Roy R 1996⁵⁰, Sell J: 1975⁵³, Garner R: 1967⁵⁵, Ward T: 1994⁵⁶.

VIII. FIGURAS

Figura 1. Diseño de la red de abastecimiento de una granja con cuatro casetas



LPM: Litros por minuto.