

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Diagnóstico para la implementación de ácidos orgánicos en el agua de bebida durante el ayuno y la evaluación de las condiciones de agua en granja para incrementar la productividad de los pollos de engorde en la empresa Agroindustrial Proave S.A.

Ana Yovela Ochoa Ávila

Proyecto de graduación para optar por título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2016

Este proyecto fue aceptado por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Tribunal Examinador

Ph.D. Catalina Salas Durán

Directora del proyecto

M.Sc. Satish Soni Castillo

Miembro del tribunal

M.Sc. Rebeca Zamora Sanabria

Miembro del tribunal

M.B.A. Juan Ignacio Herrera Muñoz

Miembro del tribunal

M.Sc. Sebastian Dorado Montenegro

Miembro del tribunal

Ana Yovela Ochoa Ávila

Sustentante

DEDICATORIA

A Dios y mi familia

“Porque me han dado las herramientas indicadas para seguir mi camino, por las fuerzas, por su apoyo y por soñar conmigo”.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor, por ser mi fortaleza y guía de mis pasos.

A mis padres por su amor, sus consejos, su guía y por ser mi sustento durante estos años de estudio.

A mis hermanas Sofía e Irene por su amor y su apoyo.

A Alonso por su apoyo, su amor y su ayuda durante este tiempo.

A mis compañeros y colegas José Ángel Ramírez, Diana Valerio, Eduardo Montero y Natalia Rojas, por su ayuda y colaboración durante el proyecto.

A los profesores que durante estos años me transmitieron los conocimientos necesarios, gracias por su tiempo y dedicación.

A la directora del proyecto, mi tutora y ejemplo Ph.D. Catalina Salas Durán.

A la empresa Agroindustrial Proave S.A. por permitirme elaborar el proyecto y abrirme sus puertas y su colaboración, en especial al gerente de engorde M.Sc. Roberto Haddad.

A los señores Jerry Ramírez, Carlos Solano, Francisco Pacheco, Roberto Madrigal, Ademar Murillo, por su apoyo durante las visitas.

A la empresa Farmavícola Vetanco, por su apoyo en especial a Carlos de Oliveira y Satish Soni.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
a. Objetivo General:	2
b. Objetivos Específicos:	2
ANTECEDENTES	3
CAPITULO 1	3
USO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS COMO ESTRATEGIA DE DISMINUCIÓN DE LA MERMA DE PESO DURANTE EL AYUNO PRE-FAENADO.....	3
1.1 Ayuno pre-faenado.	3
1.2 Uso de ácidos orgánicos en las aves	4
1.3 Acción de los ácidos orgánicos durante el ayuno pre-matanza	5
1.4 Efectos del uso de ácidos orgánicos durante el ayuno.....	8
CAPITULO 2	12
CONDICIONES DE CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA EN LA AVICULTURA.	12
2.1. Importancia del agua para las aves.	12
2.2 Efecto de los minerales presentes en la calidad del agua.	13
2.3 Efecto de los aditivos en la calidad del agua.....	16
2.4 Efectos de los microorganismos	16
2.5 Efectos de la calidad del agua en la producción avícola	18
2.6 Manejo del agua en granja y calidad.....	18
2.7 Reglamento nacional de calidad de agua	20
2.8 Limpieza y desinfección de aguas	22
PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA.....	25

OBJETIVO 1. Uso de ácidos orgánicos durante el ayuno pre-faenado.....	25
1.1 Procedimiento en campo.....	25
1.2 Análisis estadístico.....	27
1.3 Evaluación del impacto económico de los ácidos orgánicos.....	28
OBJETIVO 2. Condiciones del agua en granja y el programa de limpieza.....	29
2.1 Diagnóstico del sistema.....	29
2.2. Programa de limpieza y desinfección.....	31
2.3. Condiciones del agua posterior al programa.....	33
2.4. Costos del programa de limpieza y desinfección anual.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
OBJETIVO 1. Uso de ácidos orgánicos durante el ayuno pre-faenado.....	34
1. Resultados estadísticos.....	34
1.1 Evaluación económica.....	46
OBJETIVO 2. Condiciones del agua en granja y el programa de limpieza.....	50
2.1 Diagnóstico inicial.....	50
2.2 Programa de limpieza y desinfección.....	55
2.3 Efectos del programa de limpieza y desinfección.....	56
2.4 Costos del programa de limpieza y desinfección.....	62
2.5 Programa de limpieza y desinfección establecido.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
OBJETIVO 1. Uso de ácidos orgánicos durante el ayuno pre-faenado.....	65
Conclusiones.....	65
Recomendaciones.....	65
OBJETIVO 2. Condiciones del agua en granja y el programa de limpieza.....	66
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	66
LITERATURA CITADA.....	67
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Impacto del pH de agua de bebida sobre el pH en segmentos del tracto gastrointestinal (TGI). Adaptado de Angel et al. (2013).	6
2	Niveles aceptables de los minerales en el agua de bebida y sus efectos en el organismo de las aves.	15
3	Horas de ayuno en granja, carga, transporte y espera en andén de las aves.	27
4	Cifras establecidas para la simulación de la ganancia económica.	29
5	Comparación de los métodos de análisis utilizados en cada muestreo.	31
6	Pesos promedios de los pollos de engorde registrados entre la galera tratada con ácidos orgánicos y la galera control en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.	35
7	Pesos promedios de los pollos de engorde machos y hembras registrados durante los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.	36
8	Perdidas de peso en gramos y porcentual registrados durante el ayuno en granja, al transporte y el total de merma para la galera tratada con ácidos orgánicos y la galera control en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.	37
9	Perdidas de peso en gramos y porcentual registrados durante el ayuno en granja, al transporte y el total de merma para pollo de engorde machos y hembras en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.	38
10	Tipo de galera, edad, densidad inicial, densidad final y mortalidad acumulada en la galera con ácidos orgánicos y la galera control.	43
11	Costo total y por ave de la utilización del producto de ácidos orgánicos en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.	47
12	Simulación económica del ahorro mensual al utilizar los ácidos orgánicos en la zona central, norte y sur de Costa Rica y el promedio según los resultados de la disminución de la pérdida peso en las aves.	48
13	Resultados de los análisis físico-químicos del primer muestreo en las granjas.	53
14	Resultados de los análisis microbiológicos del primer muestreo en las granjas.	54
15	Comparación de resultados fisicoquímicos en las galeras antes y después de la limpieza y desinfección.	57
16	Comparación de los resultados microbiológicos en las galeras antes y después de la limpieza y desinfección.	58
17	Desglose del costo por metro lineal de los productos del programa de calidad de agua.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Pérdidas de peso A en gramos y B en porcentaje del peso vivo de las aves durante los ensayos en la zona central, zona norte y zona sur.	39
2	Resultados de la diferencia de la pérdida de peso de las aves con ácidos orgánicos menos la merma sin tratamiento.	40
3	Fotografías de la salida del agua al iniciar el flushing (A) y al finalizar el drenaje (B) de la galera #2 granja B.	54
4	Diagrama de la ubicación de la fuente y los tanques de la Granja Don José.	74
5	Croquis de las tuberías de la granja Don José.	74
6	Diagrama de la ubicación de la fuente y los tanques de la Granja Las Niñas.	75
7	Esquema de distribución y materiales de las tuberías de Granja Las Niñas.	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro	Título	Página
1	Ficha técnica del producto de la combinación de ácidos orgánicos.	74
2	Diagrama y croquis del sistema hídrico de la granja A.	75
3	Diagrama y croquis del sistema hídrico de la granja B.	76
4	Diagnóstico anual de la calidad de agua en granja.	77
5	Chequeo entre partida de la calidad del agua.	78
6	Programa de limpieza y desinfección del sistema hídrico.	81

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la evaluación de dos prácticas de manejo para incrementar la productividad de los pollos de engorde en la empresa Agroindustrial Proave S.A., ubicada en el Coyol de Alajuela y la misma cuenta con granjas de integrados ubicados en San Carlos, San Ramón, Turrúcares, Esparza y Pérez Zeledón. Se evaluó el uso de una combinación de ácidos orgánicos (acético, láctico, propiónico, tánico y caprílico) en el agua de bebida, con el fin de disminuir la pérdida de peso durante el ayuno pre-faenado. Se realizó un diseño factorial 2 por 2, y se registraron las pérdidas de peso entre una galera control y una con tratamiento en seis pruebas, de las cuales cuatro presentaron diferencias significativas y una presentó una tendencia numérica y se obtuvo un promedio de 17,43 g y 0,84% más de peso en las aves que consumieron ácidos orgánicos. Además se realizó una simulación económica que refleja un posible ahorro en promedio de ₡7.843.614,58 (\$14.417,88) para la empresa, al disminuir las pérdidas de peso durante el ayuno y transporte de las aves. Por otra parte, se realizó un diagnóstico de las condiciones del agua en granja y el diseño de un programa de limpieza y desinfección. Para el diagnóstico se elaboraron diagramas de la distribución de agua, evaluación de los puntos críticos de contaminación y un muestreo donde se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos del agua en el tanque principal y dos galeras de dos granjas. Se diseñó un programa de mejora y mantenimiento de la calidad del agua y se evaluó el efecto de la limpieza y desinfección anual en las galeras de las dos granjas diagnosticadas. Se realizó un segundo muestreo que refleja cambios en las condiciones físico-químicas y microbiológicas. Finalmente, se generó la evaluación económica del programa de limpieza y desinfección para determinar el costo por metro lineal y se diseñó un programa general de calidad de agua para ser implementado en las granjas de los integrados y supervisado por la empresa.

INTRODUCCIÓN

La avicultura es un sistema evolutivo y moderno, cada año se incrementa la adopción de estrategias de manejo, reproducción, nutrición y genética que optimizan la producción a un menor costo. Esto expone a las explotaciones a evaluar nuevas prácticas, y determinar el beneficio económico de adoptar una estrategia que permita incrementar el rendimiento productivo.

La demanda de carne por parte del consumidor centroamericano ha ido incrementando, en especial para la carne de pollo, ya que se estima que las ventas de pollo crecieron un 7,9% entre el año 2008 al 2013. En Costa Rica, el consumo per cápita incrementó de 22,2 kg durante el 2012 a 23,6 kg para el año 2014 (CentralAmericaData.com 2014).

Según estadísticas del CentralAmericaData.com (2014) la proyección promedio de crecimiento en ventas de carne de pollo del 2014 y hasta el año 2020, es de 6,3%, y en un escenario optimista hasta un 10,7% anual a nivel centroamericano. Este incremento en la demanda de carne de pollo, se convierte en un incentivo para los productores e intensifica la competencia entre empresas de sistemas completos de integración vertical, las cuales buscan estrategias que aumenten la producción a un menor costo.

En Costa Rica, la comercialización de pollo está integrado en su mayoría por cuatro empresas, la Corporación Pipasa (actual Cargill Meats), División Avícola de Costa Rica Wal-mart de México y Centroamerica y Agroindustrial Proave S.A. (Barquero 2015).

El presente proyecto se divide en dos objetivos donde se pretende evaluar la eficiencia de implementar dos estrategias para incrementar la productividad del sistema de pollo de engorde en la empresa Agroindustrial Proave S.A. Las prácticas a evaluar comprenden dos áreas de interés, una estrategia para disminuir la merma de peso durante el ayuno al faenado y elaborar un diagnóstico de la calidad del agua de bebida en dos granjas integradas a la empresa.

OBJETIVOS

a. Objetivo General:

Evaluar las condiciones del agua de bebida y el efecto de la utilización de ácidos orgánicos durante el ayuno, para optimizar la producción de carne de pollo.

b. Objetivos Específicos:

1. Evaluar la eficiencia de una combinación de ácidos orgánicos en el agua de bebida para disminuir las mermas de peso durante la faena.
2. Elaborar un diagnóstico de las condiciones del agua en granja para determinar la calidad del sistema hídrico y establecer un programa de limpieza.

ANTECEDENTES

CAPITULO 1

USO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS COMO ESTRATEGIA DE DISMINUCIÓN DE LA MERMA DE PESO DURANTE EL AYUNO PRE-FAENADO.

1.1 Ayuno pre-faenado.

Cuando los animales se preparan para el faenado, se debe considerar un tiempo de retiro de alimento, con el fin de reducir el contenido en el tracto gastrointestinal y así evitar que la materia fecal contamine las carcasas. Se recomienda ayunos de 8 a 12 horas previo al procesamiento, incluyendo horas antes del atrape, el proceso de captura y el tiempo de espera en la planta. Este tiempo de retiro se realiza con el fin de garantizar el vacío intestinal, pero se busca la fortaleza del intestino para que este resista el proceso de evisceración en la planta de cosecha (Fajardo 2014).

Ayunos por encima de las 13 horas, generan pérdidas de hasta 3 puntos en el rendimiento en canal y afectan la calidad y proporción de la pechuga debido a la deshidratación que se genera durante largos periodos, además se pueden encontrar mollejas y bucheros manchados de bilis, debido al movimiento peristáltico inverso. Se recomienda que el alimento sea retirado en granja de 4 a 6 horas antes de la carga, sin restringir el agua de bebida para evitar la deshidratación e impulsar el vaciado intestinal, con esto se garantiza que el 90% de las aves no presenten bucheros repletos al llegar a la planta (Ricaurte 2005).

Una vez que se vacía el contenido intestinal de alimento, la tasa de pérdida de peso aumenta a medida que se movilizan las reservas del organismo de grasa y proteína (músculo) para ayudar a mantener el metabolismo basal de las aves. El ayuno reduce el peso en pie de las aves hasta que entran al proceso de faenado, lo que implica pérdidas económicas en la planta de cosecha (Monleón 2012).

La pérdida de peso corporal posterior al vaciado del tracto gastrointestinal puede abarcar entre 0,1-0,5% por hora. Sin embargo, la disminución de peso dependerá también de otros factores como la edad, en aves mayores la merma se intensifica; el sexo, donde es usual que los machos pierdan más peso; la temperatura del galpón,

al transporte y en la sala de espera, ya que a temperaturas extremas se incrementan las mermas, así como el tiempo de traslado e inicio de la cosecha, a mayor tiempo de transporte mayor será la pérdida de peso (Monleón 2012).

1.2. Uso de ácidos orgánicos en las aves

Los ácidos orgánicos, son sustancias que poseen al menos un grupo carboxilo en su molécula (-COOH). Se consideran sustancias seguras debido a que no abandonan el tracto digestivo y no dejan residuos en los productos de origen animal (González et al. 2013). Son moléculas con capacidad de donar iones de hidrógeno que permiten disminuir el pH, lo que crea condiciones que impiden el desarrollo de algunas bacterias (Lückstädt y Kühlmann 2013).

Los ácidos orgánicos se han implementado como promotores del crecimiento con el fin de sustituir el uso de antibióticos. González et al. (2013), no encontraron diferencias significativas al implementar una combinación de ácidos orgánicos y sus sales (ácido fórmico, ácido propiónico, formiato de amonio, propionato de amonio y un excipiente), en comparación al antibiótico zinc bacitracina. El estudio no determinó diferencias en peso promedio, ni en ganancias de peso corporal en las aves al comparar ambos tratamientos.

Mientras que Hassan et al. (2010) determinaron que una combinación de ácidos orgánicos (ácido fumárico, formiato de calcio, propionato de calcio, sorbato de potasio y aceite vegetal hidrogenado) era significativamente más eficiente promoviendo la ganancia de peso, mejorando la conversión alimenticia y disminuyendo la población de *E. coli* y *Salmonella* intestinal, en comparación al uso de enramicina en una dieta de pollo de engorde.

El mecanismo de acción de los ácidos orgánicos consiste en atravesar la membrana lipídica de las bacterias y disminuir el pH interno de las mismas, alterando los procesos esenciales de la vida de los microorganismos (González et al. 2013).

Galib y Aqeel (2009), mencionan que no todos los ácidos orgánicos tienen influencia sobre la microflora intestinal, los ácidos orgánicos de cadena corta (C1-

C7), se asocian mayoritariamente a la actividad antimicrobiana, entre estos los ácidos monocarboxílicos tales como ácido fórmico, acético, propiónico y butírico o bien a los ácidos carboxílicos que llevan un grupo hidroxilo (por lo general en el carbono alfa) tales como láctico, málico, tartárico y cítrico. Las sales de estos ácidos se asocian a mejoras en el rendimiento, mientras que ácidos, como el ácido sórbico y fumárico poseen actividad antifúngica.

1.3 Acción de los ácidos orgánicos durante el ayuno pre-matanza

La utilización de ácidos orgánicos en el agua de bebida se ha asociado a una estrategia para disminuir las pérdidas de peso durante el ayuno, debido a su capacidad de reducir el pH del agua, lo que disminuye el nivel de patógenos en el agua y en el buche/proventrículo, regula la microflora intestinal e incrementa la digestión del alimento (Philipsen 2006). Esta mejora en la microflora aumenta el aprovechamiento de la proteína durante el ayuno debido a que se incrementa la secreción enzimática del páncreas y disminuye la utilización de reservas musculares para el mantenimiento de las aves, ya que al disminuir el pH del intestino suprime el crecimiento de bacterias patógenas y aumenta la microflora benéfica, asegurando la máxima capacidad de las enzimas (Ghazalah et al. 2011).

El ayuno pre-matanza se asocia a una disminución de la concentración del ácido láctico en el intestino, lo que aumenta el pH del tracto y disminuye la absorción de los nutrientes. Además la restricción de alimento, aumenta la incidencia de consumo de las camas lo que aumenta la contaminación y genera un ambiente ideal para el crecimiento de bacterias como *Salmonella sp.* (Açikgöz et al. 2011).

La reducción del pH por parte de los ácidos orgánicos en el proventrículo, permite una tasa de pasaje más lenta del alimento en el sistema digestivo y genera una mejor absorción de los nutrientes y menos excretas húmedas (Açikgöz et al. 2011).

Se ha determinado que los ácidos fórmico, propiónico y acético presentan mayor solubilidad en el agua, seguidos por los ácidos láctico y cítrico, sin embargo los primeros tres ácidos mencionados, presentan un valor de pKa mayor al ácido

cítrico, láctico y fumárico, por lo que estos últimos son ácidos más fuertes y con mayor capacidad para disminuir el pH del ambiente (Freitag 2007).

El uso de acidificantes se ha implementado para mantener el pH del agua por debajo de 7 (Tabler et al. 2013), aunque como menciona Philipsen (2006) la meta al utilizar ácidos orgánicos para desinfección del agua es alcanzar un pH de 4. Sin embargo, el mismo autor recomienda no utilizar ácidos orgánicos de manera individual, ya que para alcanzar estos niveles de pH, se necesitan dosis altas que provocan problemas de obstrucción en las tuberías, lo ideal es utilizar combinaciones de ácidos orgánicos con distintos alcances para aumentar el porcentaje de moléculas no disociadas en la fórmula de los acidificantes, e incrementa el efecto bactericida.

Angel et al. (2013), mencionan cómo el efecto del pH del agua y la edad de las aves puede influenciar el pH de cada sección del tracto gastrointestinal. En el Cuadro 1, se observa cómo el pH del agua tiene un efecto en el pH del buche, proventrículo y molleja, principalmente en animales jóvenes. En aves de 38 días, el pH del agua tiene un efecto tanto en el pH de las primeras secciones del tracto como en el ciego.

Cuadro 1. Impacto del pH de agua de bebida sobre el pH en segmentos del tracto gastrointestinal (TGI). Adaptado de Angel et al. (2013).

pH del agua	Niveles de pH			
	5,8		8,1	
Edad (días)	8	38	8	38
pH segmentos del TGI				
Buche	6 ^{a1}	6,1 ^a	7,6 ^b	7,5 ^b
Proventrículo	1,9 ^a	1,4 ^a	4,1 ^b	2,9 ^b
Molleja	2,9 ^a	2,2 ^b	5,6 ^a	4,6 ^b
Duodeno	5,8	5,6	6,0	5,7
Yeyuno	6,4	6,4	6,6	6,5
Íleon	6,6	6,8	7,1	7,0
Ciego	6,7 ^a	5,9 ^b	7,3 ^a	6,5 ^b

¹Superíndices a-b denotan diferencias (P<0,05) entre medias dentro de la misma edad como consecuencia del pH del agua.

Angel et al. (2013) evaluaron a su vez la digestibilidad de la materia seca y la retención ileal aparente del fósforo, donde encontraron que a menor pH del agua se aumentaba la digestibilidad de la materia seca. En el caso de las aves a 8 días de edad, la digestibilidad cambió de 73,9% con un pH de 8,1 en el agua, a un 85,1% con un pH de 5,8. A los 38 días de edad se incrementó numéricamente de un 78,7% a un 82,3%. Sin embargo, la retención ileal aparente del fósforo incrementó de manera significativa en ambas edades, esto se debe a que la eficiencia de las fitasas se asocia a pH más bajo en el buche, proventrículo y molleja.

Watkins et al. (2004) encontró que cuando el pH del agua se encontraba por debajo de 5, el pH del buche podía disminuir a niveles cercanos a 4, y esto forma un ambiente hostil para el crecimiento de bacterias, sin embargo, no determinó diferencias significativas en la disminución del pH de la molleja.

Se tienen distintas posiciones en cuanto a la efectividad de los ácidos orgánicos en la disminución del pH intestinal de las aves cuando se administran en el agua de bebida. Alzawqari et al. (2013) determinaron un pH significativamente menor en la molleja, ciego y las heces al implementar ácido acético al 4,5 y 6% en comparación al grupo control durante el ayuno.

Byrd et al. (2001) obtuvo diferencias significativas en el pH del buche al implementar 0,5% de ácido acético, 0,5% ácido fórmico y 0,5% de ácido láctico en distintos tratamientos. Mientras que Açıkgöz et al. (2011) no encontraron diferencias significativas entre el control y un tratamiento con ácido fórmico en el pH de la molleja, similar a los resultados obtenidos por Ávila (2003), donde no se presentaron diferencias significativas en el pH del buche entre el control y el tratamiento con distintas combinaciones de ácidos orgánicos entre ellos el ácido cítrico y láctico.

Autores como Açıkgöz et al. (2011) y Alzawqari et al. (2013) mencionan que las diferencias entre resultados en el pH del tracto gastrointestinal, se debe al nivel de dilución y los ácidos orgánicos implementados en cada estudio. Jaramillo (2011) explica que aunque una de las ventajas de los ácidos orgánicos es que no se inactivan en presencia de cloro, favorecen la eficacia de la cloración, pero incrementa

la disociación de los ácidos en el agua por lo que al llegar al intestino su utilidad no será la misma. La forma no disociada es la que penetra en las membranas de las bacterias para cambiar su metabolismo, por eso al implementar ácidos orgánicos disueltos en el agua, se deben utilizar niveles más altos de inclusión para que tengan un efecto a nivel intestinal.

Aunque se ha asociado a los ácidos orgánicos con sus efectos bactericidas principalmente en el buche, Jarquin et al. (2007) mencionan que la alta absorción de los ácidos en los segmentos superiores del tracto gastrointestinal disminuye el efecto bactericida en el ciego. Según Dibner y Buttin (2002), la absorción mayoritaria de los ácidos orgánicos en el tracto superior se debe a su relativo pH más bajo en comparación al pH del duodeno, yeyuno, íleon y ciego, esta absorción se da mediante difusión hacia el epitelio intestinal.

Açikgöz et al. (2011) no encontraron efectos beneficiosos en rendimiento productivo, microflora intestinal o diferencias en contaminación por bacterias en la canal de machos de engorde Ross-308, al aplicar un tratamiento con ácido fórmico en el agua de bebida. Mientras que Marin-Flammad et al. (2014) al implementar una combinación de los ácidos ascórbico, cítrico y málico en agua, no encontraron diferencias en ganancias de peso, pero identificaron un incremento del consumo y la tasa de supervivencia y una mejora de la conversión alimenticia.

1.4 Efectos del uso de ácidos orgánicos durante el ayuno

Wolfenden et al. (2007), realizaron tres pruebas utilizando una combinación de ácidos orgánicos en el agua durante el ayuno pre-faenado, donde obtuvieron que las aves que recibieron el producto de ácidos orgánicos, consumieron más agua que las aves de control no tratadas, lo que mencionan es que este consumo explica la reducción en la deshidratación de la carcasa y aumento en los pesos corporales promedio en granja y en la planta de procesamiento por el aumento de hidratación de las aves, además de reducir la mortalidad durante el transporte.

Khan et al. (2013) determinaron a su vez un aumento en el consumo del agua al implementar una combinación de ácidos orgánicos, sin embargo aunque no se

presentó una diferencia significativa ($P < 0,05$), se determinó una tendencia numérica. Los autores mencionan que el aumento en el consumo se debe a un incremento en la calidad de la misma, al minimizar la presencia de microorganismos que provocan la presencia de olores y sabores que afectan el consumo.

Sin embargo se ha encontrado que el uso de ácidos como el acético y el propiónico de manera individual y en dosis superiores a 2,6 ml/l de agua pueden generar mal sabor y provocar reducción en el consumo del agua (Philipsen 2006). De manera que el tipo de ácido puede tener efectos en el consumo, Byrd et al. (2001) no determinaron diferencias significativas en el consumo de agua, al administrar ácido láctico al (0,44%) en el agua de bebida.

Ávila et al. (2003), determinaron diferencias significativas en tres experimentos al implementar combinaciones de ácido láctico y ácido cítrico en el agua. Estos autores determinaron una disminución en el consumo del agua al implementar dos mezclas de ácido láctico y cítrico durante 8 horas de ayuno de las aves, mientras que al implementar otra combinación de estos ácidos 32 horas antes del ayuno, el consumo de agua no se vio afectado.

Sin embargo, al tratarse de distintos porcentajes de combinación de los ácidos, no se puede asegurar que el cambio en el consumo se deba al tiempo de exposición a ácidos orgánicos.

Jarquín et al. (2007) no encontraron disminuciones en el consumo del agua, lo que asocian a que la combinación de ácidos orgánicos que se implementó, evitó el descenso en el consumo de agua. Los mismos autores, mencionan que los problemas de consumo se relacionan con los ácidos que se implementan y que el uso de combinaciones puede evitar la disminución en la ingesta de agua.

Fernández et al. (2014) determinaron diferencias en el consumo de agua, donde los tratamientos con distintas combinaciones de ácidos orgánicos tuvieron diferencias con el tratamiento control, sin embargo no determinaron diferencias en la pérdida de peso entre los tratamientos.

Se ha determinado una relación directa entre el consumo de alimento y el de agua, conforme se disminuye la ingesta de alimento se disminuye el consumo de agua, a excepción de que las aves se encuentren expuestas a altas temperaturas climáticas (Duke 2012).

Durante el ayuno, la privación de alimento puede disminuir el consumo de agua, pero pueden existir otros factores como la temperatura del ambiente, del agua, época del año, manejo durante el ayuno, densidad de crianza (aves/m²), nivel tecnológico de la granja y calidad del agua pueden alterar el consumo (Fernández et al. 2014).

El estímulo de consumo de agua a nivel fisiológico inicia en el hipotálamo en la periferia del ventrículo cerebral. Mediante tres mecanismos que inciden en un aumento del consumo, los cuales son la deshidratación celular, deshidratación extra celular y el sistema renina-angiotensina (Penz 2003).

Al aumentar la excreción de agua de los riñones y disminuir la sangre circulante, el agua de las células y espacios intracelulares, sale a la región plasmática. Esto causa la secreción y aumento de la concentración de angiotensina en el plasma. La pérdida de agua por los riñones incrementa la secreción de renina la cual estimula la conversión de angiotensinógeno en angiotensina II, esta provoca un estímulo en el hipotálamo que genera la sensación de deshidratación y sed que incrementa el consumo de agua (Penz 2003).

Cuando las condiciones ambientales y sanitarias se convierten en un desafío es cuando la estimulación del consumo de agua por parte de los ácidos orgánicos se vuelve más evidente, al mejorar la palatabilidad del agua (Fernández et al. 2014).

El uso de ácidos orgánicos disminuye el pH, lo que genera un sabor agrio en el agua. Kare y Manson (2012), mencionan que se ha determinado que las aves tienen una alta tolerancia a la acidez y alcalinidad del agua, sin embargo el sabor agrio provocado por la adición de ácidos no disminuye el consumo.

Los mismos autores mencionan que el consumo de agua disminuye cuando el agua es salada, por alta presencia de cloruro y sodio, los cuales forman parte de

altos niveles de Total de Sólidos Disueltos, índice que a su vez se asocia con la conductividad y niveles de pH anómalos (Blake 2001). Según Tabler et al. (2012), las aves tienden a preferir agua con sabor ligeramente ácido.

Por lo que al mejorar las condiciones de pH y sabor, en situaciones donde la calidad de agua es un desafío, la adición de ácidos orgánicos durante el ayuno estimulará el consumo al mejorar calidad microbiológica y la palatabilidad.

Marielli y Troian (2011), reporta que el uso de una combinación de ácidos orgánicos en agua disminuyó la pérdida de peso durante el ayuno en un 1,4% menos en comparación al control, de manera que implica un incremento económico en la producción.

De la misma manera, Rodríguez (2013), realizó dos ensayos en los que se puso a prueba un producto con una combinación de ácidos orgánicos durante el ayuno, en el primer ensayo no se encontraron diferencias significativas durante el ayuno al comparar con el control, sin embargo si se determinaron diferencias significativas durante el transporte, mientras que en el segundo ensayo se identificaron diferencias significativas entre el tratamiento con la combinación de ácidos orgánicos y el control tanto durante el ayuno como durante el transporte.

Cabe destacar que estos ensayos realizados por Rodríguez (2013) fueron evaluados en granjas integradas a la empresa Agroindustrial Proave S.A., correspondientes a las granjas Calle Jara y Pinar, en la zona sur de Costa Rica, al finalizar dichos ensayos se determina una diferencia entre las pérdidas de peso promedio de 13,02 gramos, lo que implica según criterio del autor una ganancia anual de ₡22.330.286 (\$44.133,62 al tipo de cambio ₡505,97 de octubre del 2013) extra al implementar la combinación de ácidos orgánicos.

CAPITULO 2

CONDICIONES DE CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA EN LA AVICULTURA.

2.1. Importancia del agua para las aves.

El agua constituye de un 65 a 78% de la composición corporal de un ave, además de comportarse como un vehículo para la adición de nutrientes, es un regulador de temperatura corporal, lubricante de articulaciones y permite el equilibrio metabólico de las aves mediante su participación como componente de las reacciones básicas del organismo (Bellostas 2009).

El consumo de agua puede ir desde 1,6 a 2,0 veces más en relación al alimento (Cobb-Vantress 2013). La cantidad de ingesta se relaciona con la fase de producción, aumentando con la edad; el sexo del animal, siendo mayor en machos que en hembras; la composición de la dieta, aumentando con excesos de potasio, sal o proteína; la temperatura del agua, ya que por encima de los 24°C disminuye el consumo; la temperatura del ambiente que al aumentar por encima de los 21°C incrementa la demanda de agua; y la calidad del agua (Kirkpatrick y Fleming 2008).

El consumo de agua de calidad proporciona las condiciones necesarias para establecer un equilibrio en el metabolismo del ave y optimizar la producción de carne. Lo que se espera es que el agua pura presente tres propiedades: que sea inodora, incolora e insípida (Bellostas 2009).

Sin embargo, el agua puede convertirse en un vehículo contaminante, ante variaciones del pH, la temperatura y por sustratos adicionados, se forma un ambiente idóneo para el crecimiento de microorganismos indeseados en la avicultura, de ahí su importancia por procurar mantener las propiedades necesarias para garantizar la distribución de agua de calidad (Watkins y Scantling 2011).

La calidad del agua se ve comprometida ante el exceso de minerales que pueden disminuir el consumo y la deposición de los mismos puede provocar problemas en las tuberías del sistema hídrico (Tabler 2013). Cuando ocurre una restricción en el

consumo de agua debido a las condiciones o por obstrucciones en el sistema, esto provoca disminución en el rendimiento productivo de las aves (Blake 2001).

2.2 Efecto de los minerales presentes en la calidad del agua.

Según Watkins y Scantling (2011), los minerales presentes en el agua, son los causantes de las propiedades como el sabor, color, dureza, conductividad, pH, sedimentos y presencia de corrosión. Entre las características fisicoquímicas para la determinación de la calidad del agua se encuentran:

Color, olor y sabor: son indicadores de presencia de minerales en exceso que pueden afectar el equipo de distribución de agua, los bebederos y el consumo. El color rojizo o marrón indica presencia de hierro, los residuos negros pueden deberse a excesos de hierro y sulfato o niveles altos de manganeso, el cual es a su vez responsable del sabor amargo, el color azulado se asocia a cobre y el olor a huevo podrido indica presencia de bacterias que producen sulfatos (Watkins 2013a).

pH: los niveles aceptables van desde 5 a 8. Para un programa de desinfección del agua lo recomendado es entre 5-6,5 para garantizar la efectividad del cloro. Niveles de 5,5 a 7 mantienen los minerales suspendidos en el agua, lo que evita su precipitación en las tuberías. Si supera un pH de 8 el agua será alcalina y tendrá sabor amargo lo que reduce el consumo, y por debajo de 5 aunque es tolerada por las aves, causa corrosión de las tuberías metálicas (Watkins 2013b). El pH alto es un indicador de niveles elevados de calcio y magnesio, ya que a mayor alcalinidad mayor es el nivel de estos elementos responsables de las obstrucciones de las tuberías (Blake 2001).

Turbidez: indica la presencia de materia orgánica, algas, limo, tierra y arcilla. A nivel nacional se mide en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) y el valor admisible se considera por debajo de 1 UNT (CR Decretos 2015). Altos niveles de materia orgánica interfieren en la desinfección con cloro y medicamentos en agua. Montiel (2000) menciona que lo ideal es mantenerse en menos de 0,5 UNT para garantizar la desinfección cuando se utiliza cloro, sin embargo este puede trabajar aun con niveles de hasta 5 UNT.

Conductividad: se refiere a la capacidad del agua de conducir corriente. Es una medida indirecta de sales, de iones como cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio. Cuanto mayor sea la conductividad mayor será el contenido de sales (Merino 2004). Se mide en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Según el reglamento nacional de calidad de aguas, el valor de alerta es de $400 \mu\text{S}/\text{cm}$. La suma de aniones y cationes reportados en un análisis de agua puede indicar el contenido total de sales, Merino (2004) menciona que niveles de conductividad de 250-750 representan un riesgo medio aun en aguas para riego ya que presentan entre 160 a 480 mg/l de sales.

Dureza total: indica la presencia de sales de calcio y magnesio, los cuales forman precipitados que obstruyen las tuberías y afectan la distribución. Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable 38924-S, se consideran niveles admisibles por debajo de los 400 ppm para consumo humano (C.R Decretos 2015), sin embargo otros autores recomiendan valores entre 60-180 ppm para la actividad avícola, considerando valores mayores a 180 ppm como agua dura, y niveles ≥ 300 ppm como agua muy dura (Blake 2001, Matiz y Gutiérrez 2007, Tabler et al 2013).

Sólidos disueltos: es un indicador de salinidad que corresponde a la presencia de iones inorgánicos como sodio, cloro, magnesio, calcio, potasio, bicarbonato y sulfato (Silva 2008). Se recomienda niveles por debajo de los 1000 ppm y cuando se encuentran niveles ≥ 3000 ppm se le relaciona con problemas de crecimiento e incremento en la mortalidad de las aves (Blake 2001).

Watkins (2013a), menciona que al no presentarse los niveles adecuados de minerales, la contaminación del agua puede disminuir el rendimiento de los animales, fallo o daño del equipo y a presentar bacterias dañinas u hongos (ya que algunos minerales funcionan como alimento para estos últimos). La principal preocupación es la cantidad de un mineral presente en el agua, como se observa en el Cuadro 2, se presenta en resumen los niveles aceptables de los elementos y su efecto en el organismo de las aves y las características del agua.

Cuadro 2. Niveles aceptables de los minerales en el agua de bebida y sus efectos en el organismo de las aves.

Elemento	Niveles Aceptables	Efectos del exceso
Calcio (Ca)	60 -110 mg/l	No hay límite superior para el calcio, valores por encima de 110 mg/l se relaciona con dureza.
Magnesio (Mg)	14 -125 mg/l	Mayores niveles de Mg pueden causar un efecto laxante si se presenta un alto nivel de sulfato.
Hierro (Fe)	0,2 -0,3 mg/l	1 ppm promueve el crecimiento de bacterias, tales como <i>Pseudomonas</i> , <i>E. coli</i> y <i>Salmonella</i> en el agua, sabor amargo.
Manganeso (Mn)	0,01- 0,05 mg/l	Residuos negros en los filtros y sabor amargo.
Cloro (Cl)	50-150 mg/l	Al combinarse con sodio forma agua salada que permite el crecimiento de <i>Enterococcus</i> .
Sodio (Na)	50 -150 mg/l	En conjunto con sulfato puede provocar efectos laxantes.
Sulfatos	15-40 mg/l (Máx. 200 mg/l)	El olor a huevo podrido, indica presencia las bacterias que producen sulfuro de hidrógeno. Provoca diarreas y retrasos en el crecimiento.
Nitratos	1-5 mg/l (Máx. 25 mg/l)	Disminuye el crecimiento y afecta la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Indicador de contaminación fecal.
Plomo (Pb)	0– 0,014 mg/l	Puede provocar problemas esqueléticos y de fertilidad en reproductores y ponedoras.
Cobre (Cu)	0,002– 0,6 mg/l	Niveles altos producen sabor amargo
Zinc (Zn)	1,5 mg/l	Niveles altos se asocian a toxicidad

Adaptado de Watkins (2013a) y Cobb-Vantress (2013).

2.3 Efecto de los aditivos en la calidad del agua

El uso de productos comerciales como vitaminas, electrolitos, vacunas y estabilizadores de vacunas, cócteles minerales, ácidos orgánicos, prebióticos, probióticos y antibióticos que se adicionan al agua, resulta en alternativas que pueden perjudicar la calidad de la misma, cuando no se mantiene un protocolo de limpieza y desinfección.

Watkins y Scantling (2011), mencionan que el uso de aditivos como nutrientes, enzimas y fuentes de energía rápidas en el agua proporcionan alimento para microorganismos indeseados. Los sustitutos de leche neutralizan el cloro y mejoran el desempeño de las vacunas, pero permite el desarrollo de distintos microbios en el agua que se pueden almacenar y prosperar en los nutrientes de la leche. Los antibióticos ayudan a las aves a recuperarse de bacterias, pero las levaduras, mohos y hongos pueden florecer durante su uso.

Incluso, Watkins et al. (2004) mencionan que el uso de acidificantes en el agua que usualmente se implementa para beneficiar a las aves y para limpieza del agua, pierde su efecto contra los microbios cuando el pH no baja de 4 y por lo que se convierte en un producto poco efectivo para limpiar el agua.

2.4 Efectos de los microorganismos

El crecimiento de bacterias y patógenos, forma comunidades complejas conocidas como biocapas o biopelículas, las cuales capturan micronutrientes del agua y crean barreras de resistencia a los sanitizantes más fuertes para agua (Watkins y Scantling 2011).

Estas biopelículas se forman a partir de una célula, cuando las condiciones de pH, temperatura, presencia de nutrientes y materia orgánica son ideales para la colonización. Las biopelículas presentan un ciclo de vida que comprende las siguientes fases: adhesión, crecimiento y desprendimiento (Hernández 2013).

El proceso de adhesión inicia cuando se forma una capa orgánica en la superficie de las tuberías que permite a las bacterias adherirse y al combinarse con

enzimas y otros nutrientes, se codifican genes y generan proteínas que permiten el crecimiento de la población de bacterias, este proceso de maduración consiste de la división celular y fabricación de polímeros polianiónicos o exopolímeros que están formados de polisacáridos, proteínas libres, fosfolípidos y ácidos nucleicos, este conjunto de polímeros y agua forman la matriz que permite el desprendimiento y la extensión de la biocapa en la tubería (Matiz y Gutiérrez 2007).

Uno de los principales efectos negativos de la biopelícula, es que permite la acelerada reproducción de bacterias patógenas como la *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* o *Salmonella spp.*, genera resistencia a desinfectantes debido a la protección generada por la matriz gelatinosa de exopolímeros (Hernández 2013). Watkins (2011), indica un procedimiento para identificar la presencia de biofilm en el sistema, que consiste el muestreo con esponja por arrastre de las paredes internas de las tuberías.

El análisis de potabilidad de agua a nivel microbiológico incluye coliformes totales y fecales, las totales no indican con exactitud si se trata de bacterias peligrosas o inofensivas, es decir no indica si se trata de enterobacterias (como *Eschechiria*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* o *Seritia*), pero indica la presencia de las mismas, sin embargo el análisis de coliformes fecales indica una relación directa con contaminación fecal mayormente asociado a la presencia de *Escherichia coli* (Bellostas 2009).

A nivel nacional según el Ministerio de Salud, no se permite presencia de coliformes totales ni fecales en el agua de consumo humano, sin embargo Watkins (2013) menciona que para aves se permite hasta un máximo de 50 UFC/ml de coliformes totales, pero que niveles superiores sugieren la necesidad de tratar el agua con un choque de cloración, mientras que la presencia de coliformes fecales es inadmisibile.

Otros microorganismos contaminantes son la presencia de levaduras y mohos, ya que estos disminuyen el pH y forman un limo pegajoso que obstruye los bebederos y provocan problemas en el sistema de agua (Watkins 2015).

2.5 Efectos de la calidad del agua en la producción avícola

Los efectos del tipo de fuente y la calidad del agua en el rendimiento de las aves han sido medidos por autores como Abbas et al. (2008), quienes midieron el efecto de utilizar como fuente agua del río Nilo, de pozo y comercial, en el rendimiento de pollos de engorde desde el día 1 a las 6 semanas de edad. En la comparación de los análisis de calidad de agua con los resultados de ganancia de peso, conversión alimenticia y consumo de agua, determinaron que el consumo de agua se redujo significativamente conforme el agua presentaba mayores niveles de cloro, ya que el agua comercial presentó un consumo menor y esta presentó un contenido mayor de cloro (16 mg/L) que el agua del Nilo (8 mg/L).

Además, encontraron una mejora en la conversión alimenticia de las aves que consumieron agua del Nilo en comparación a las de pozo y a la comercial, por lo que se asocia a los niveles altos de magnesio en el agua de pozo y de sulfato en la comercial (Abbas et al 2008). Aunque estos autores no encontraron diferencias significativas para la ganancia de peso, Barton (1996), si determinó un incremento en el peso conforme se aumentaban los niveles de Ca, Mg y dureza en las aguas de 300 granjas en Arkansas.

En un estudio en 60 granjas del estado de Washington, Zimmerman et al. (1993), determinaron que las aguas con niveles altos de sulfato y cobre presentaron mayores niveles de conversión alimenticia, y que al presentar niveles más altos de potasio, cloro y calcio, la mortalidad era menor.

2.6 Manejo del agua en granja y calidad

Se pueden mantener condiciones ideales de minerales y niveles microbiológicos, pero el manejo es clave para asegurar que el consumo del agua de las aves sea el adecuado. La distribución del agua, la presión de los bebederos y la densidad de las aves son claves para garantizar la seguridad del agua.

En los sistemas avícolas se pueden encontrar dos tipos de sistemas de bebederos, abiertos y cerrados. Abiertos refiere a los sistemas donde el agua queda estancada a un nivel y se mantiene expuesta al ambiente. Los cerrados refieren a los

sistemas donde el agua llega directo al animal si hacer contacto con el exterior (Quiles y Hevia 2001).

En los sistemas de tipo abierto se utiliza equipo como los bebederos de campana y copa. En estos sistemas las condiciones de las camas son indicadores esenciales de presión, si la cama se encuentra muy mojada es señal de que la presión del agua está siendo muy elevada, pero si por debajo de los bebederos la cama se encuentra muy seca puede que la presión del agua se encuentre demasiado baja. El agua en la campana debe permanecer a una profundidad del borde de 0,5 cm para recibir a los pollitos y disminuir a 1,25 cm posterior a la semana de edad (Cobb- Vantress 2013b).

Se recomienda colocar 6 bebederos tipo campana por cada 1000 pollos al día de edad, pero conforme aumenta la edad la densidad debe calcularse como 8 bebederos por cada 1000 pollos, y se deben distribuir de manera que la distancia máxima entre el ave y un bebedero sea de 2 metros. En los bebederos tipo campana se recomienda que la altura a partir de los 18 días de edad sea al dorso del ave, de manera que se debe ajustar diariamente la altura (Arbor Acres 2009).

En sistemas cerrados se utilizan los bebederos tipo niple, los cuales deben colocarse a espacio de 35 cm máximo. Se pueden encontrar de dos tipos, los de alto flujo (80-90 ml/min) y se recomiendan utilizarlos a una densidad de 12 aves por cada niple. Así también, se pueden encontrar niples de bajo flujo que operan de 50-60 ml/min. Durante el recibimiento se puede tener una densidad de 20 a 25 aves por niple (Cobb- Vantress 2013b).

Se recomienda que el flujo del caudal se aumente gradualmente conforme aumenta la edad de las aves, ya que la presión del agua genera una fuerza en las boquillas de los niples, por lo que las aves más jóvenes requieren de flujos más lentos y conforme crecen se les aumente el caudal para que el consumo sea mayor y se disminuya el desperdicio de agua (Fairchild 2015).

Quilumba et al. (2015), determinaron en un estudio que las aves con caudales de mayor presión (75, 100 y 120 ml/min) tendían a mostrar mayores pesos

promedios al día 35 de edad en comparación a los pollos criados a caudales de 50 ml/min. Así también determinaron que a 100 y 120 ml/min, a principios del ciclo la humedad de las camas era muy alta, pero conforme crecieron las aves esta humedad disminuye, debido al aumento en el consumo del agua de los pollos.

La altura de los nipples debe ir aumentando conforme aumenta la edad de las aves, nipples muy altos limitan el consumo de agua, y nipples muy bajos se reflejan en camas húmedas. Al recibimiento se debe procurar que la altura permita que el dorso de los pollos forme un ángulo de 35 a 45° con respecto al piso cuando estos beban agua y se debe elevar hasta que el dorso de las aves forme un ángulo de 75 a 85° con respecto al piso (Arbor Acres 2009).

Cobb-Vantress (2013b), establece una lista de verificación de los bebederos de tipo nipple que incluye:

- Altura: a nivel de los ojos de las aves durante los primeros 2 a 3 días y luego mantener ligeramente sobre la cabeza del pollito, sin que los pollitos deban empujarse para beber.
- La presión debe ser tal que permita que una gota de agua cuelgue de la boquilla, pero sin permitir el goteo.

2.7 Reglamento nacional de calidad de agua

La calidad del agua potable en sistemas avícolas, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2005), en el manual de Buenas Prácticas Avícolas, se ajusta al Reglamento para la Calidad del Agua Potable decreto 25991-S, sin embargo el documento ejecutivo 38924-S, publicado el 12 de enero del 2015, deroga el decreto anterior, por lo que la base de calidad de agua potable se rige bajo esta versión del reglamento (C.R Decretos 2015).

En cuanto a calidad de agua para consumo animal no se encuentra información de un reglamento específico para aves en el país, sin embargo como menciona Cobb-Vantress (2013), la calidad del agua de las aves debe ser apropiada

para las personas, por lo que se basa en el mismo reglamento de agua potable para consumo humano.

A nivel nacional para consumo humano se ha adoptado un manual que establece una estrategia para mantener la calidad del agua conocido como Plan de Seguridad del Agua (PSA) en Sistemas Comunales de Agua, de la Organización Mundial de la Salud (2011). Dicha estrategia comprende un proceso que se lleva a cabo por medio de cuatro pasos:

1. Planear: comprometer a la comunidad, conformar un equipo de PSA y establecer los objetivos a alcanzar.
2. Hacer: describir el sistema hídrico, identificar los peligros, evaluar los riesgos y establecer las medidas de control.
3. Comprobar: elaborar y ejecutar un plan de mejoramiento gradual para el PSA.
4. Actuar: documentar procesos administrativos, revisión periódica planificada.

Aunque el programa está establecido para las comunidades, es muy similar a lo que propone Watkins (2015) para el agua en la avicultura. Menciona que antes de determinar el programa de limpieza, es necesario identificar el estado del sistema donde se pretende establecer un control de calidad de agua. Para ello es necesario conocer el sistema y realizar un muestreo que permita diagnosticar las condiciones físico-químicas y microbiológicas. De manera que se deben establecer los objetivos del control, y comprobar que existen riesgos para la calidad de agua de la granja, mediante la descripción del sistema y el diagnóstico.

Según Bartram et al. (2009) para realizar un PSA, se deben identificar los puntos críticos de riesgos físicos, microbiológicos y químicos, por lo cual surge la necesidad de establecer un diagnóstico y descripción del sistema que incluya:

- Identificar la fuente, incluidos los procesos de escorrentía y/o recarga y otras fuentes o reservas que puedan usarse en caso de un incidente.
- El lugar de extracción del agua.
- Fenómenos climatológicos u otras circunstancias conocidas anteriormente.
- Uso de las tierras en la cuenca de captación.

- Información sobre el almacenamiento de agua.
- Antecedentes sobre el tratamiento del agua, incluidos los procesos a los que se somete y las sustancias químicas o materiales que se añaden.
- La distribución del agua, incluidos los relativos a la red de distribución, el almacenamiento y el transporte en camiones cisterna.
- Descripción de los materiales en contacto con el agua.
- Determinación de los usuarios y los usos del agua.
- Disponibilidad de personal capacitado.
- Descripción de la calidad de la documentación de los procedimientos.

El muestreo es un punto relevante en la elaboración de un estudio diagnóstico de las condiciones del agua. Watkins y Scantling (2011) recomiendan que el muestreo en granja se realice al menos en dos galeras y en una línea por galera, en el caso de agua de bebida para consumo humano, se recomienda tomar las muestras a la salida de la planta de tratamiento del agua o la captura del agua y en el sistema de distribución (Lightfoot y Maier 1998), por lo que se puede establecer un muestreo en la salida del tanque principal y al final de las líneas de las galeras.

2.8 Limpieza y desinfección de aguas

La Organización Panamericana de la Salud menciona que la desinfección del agua se puede realizar por medio de tratamientos como la ebullición del agua, los rayos ultravioleta y el uso de productos químicos (Montiel 2000). Sin embargo, la más común es la desinfección mediante procesos químicos debido a que la ebullición a gran escala es de alto costo, ya que esta se recomienda en caso de incidentes de contaminación y se relaciona con el consumo de agua en los hogares (OMS 2006) y la radiación ultravioleta presenta la desventaja de no tener efecto residual por lo que la desinfección no se mantiene por mucho tiempo (Montiel 2000).

Entre los procesos químicos que se pueden aplicar como tratamiento de desinfección se encuentran la cloraminación, ozonización, uso de dióxido de cloro, tratamiento con yodo, peróxido de hidrógeno y cloro (Watkins 2015, Montiel 2006).

El cloro es el desinfectante más común para realizar la oxidación del agua, por el poder bactericida, costo y manejo, lo hacen el más popular (Montiel 2000). En cuanto a la cloración, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2005) debe respetar los niveles de cloro residual, manteniendo un nivel entre 0,5 a 3 ppm, el cual debe ser revisado 1 a 2 veces al día.

Al agregar el cloro una parte de este reacciona con la materia orgánica y metales presentes en el agua, esto se conoce como demanda de cloro del agua. El cloro remanente posterior a la reacción con la materia orgánica se conoce como cloro total, este a su vez se subdivide en dos, una parte que se une con iones de nitrato y no se encuentra disponible para desinfección, se conoce como cloro combinado y otra parte queda libre para cumplir con su función desinfectante que se conoce como cloro residual libre (Montesdeoca 2012). El reglamento de calidad de agua, establece como niveles aceptables de 0,3 a 0,6 mg/L de cloro libre (CR Decretos 2015).

La acción desinfectante del cloro se asocia a su capacidad de oxidación, el cual puede ser determinado mediante mediciones del potencial de oxidación-reducción (POR). Los valores de POR entre 650-750 mV permiten determinar la efectividad del cloro. Por debajo de los 650, indica menor actividad oxidante, por lo que existe una mayor presencia de iones de hipoclorito (OCl^-) y requerirá disminuir el pH para garantizar mayor presencia del ácido hipocloroso (HOCl) el cual tendrá el papel de oxidación. Valores cercanos a los 250 indican presencia de materia orgánica (turbidez) que afectan el sistema (Suslow 2002).

Al disminuir el pH se incrementan los valores de POR, por lo que este es un agente que interfiere en el poder de oxidación del cloro. Se requiere de un pH entre 4-7, ya que por debajo de 7, el cloro se presenta como ácido hipocloroso, mientras que por encima de 7 se encuentra como ion hipoclorito. Niveles de 8,5 indican que un 90% de las partículas son de OCl^- (Pérez y Espigares 1995).

La regulación del pH permite a su vez disminuir las acumulaciones de sarro en las tuberías producto de las aguas duras y la sedimentación de minerales. Para disminuir el pH se utilizan acidificantes que tienen la capacidad de bajar el pH de 6.

Sin embargo, los ácidos no deben ser utilizados como sanitizantes, sino como parte de un programa de limpieza de manera que se elimine el sarro. Antes de utilizar acidificantes se debe eliminar la biocapa de las tuberías (Tabler et al. 2014).

Cuando las tuberías se encuentran con biopelículas, el cloro pierde su efectividad ya que las bacterias patógenas se refugian en los exopolímeros de las paredes, sin embargo el cloro no presenta la capacidad de eliminar el biofilm (Matiz y Gutiérrez 2007). Tabler et al. (2014) mencionan que una alternativa es el peróxido de hidrógeno que actúa como un fuerte oxidante que tiene la capacidad de arrancar el biofilm de las tuberías.

En la guía para la calidad del agua potable de la OMS (2006), se encuentra una lista de los productos y tipos de tratamientos que se pueden aplicar ante una identificación de riesgo en la calidad del agua, entre los cuales se pueden mencionar:

- Filtración: las partículas se separan de las aguas brutas mediante filtros rápidos por gravedad, horizontales, o a presión, o filtros lentos de arena. Se puede utilizar la pre-filtración con grava gruesa o piedras machacadas para tratar problemas de turbidez, así como filtros de membrana como la osmosis inversa.
- Aeración: diseñada para retirar los gases y compuestos volátiles, como disolventes.
- Coagulación química: se añaden sales de aluminio o de hierro, en condiciones controladas de pH para formar un hidróxido metálico floculante sólido, que posteriormente se retira por filtración rápida.
- Tratamiento con carbón activado granular: para eliminar del agua plaguicidas y otras sustancias orgánicas, compuestos que producen sabores y olores, cianotoxinas y carbono orgánico total.
- Intercambio de iones: para el tratamiento de dureza del agua se hace pasar por un lecho de resina débilmente ácida en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de hidrógeno, con resinas catiónicas se puede eliminar metales pesados y con resinas aniónicas se elimina arsénico y selenio.

PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA

El proyecto se realizó en la empresa Agroindustrial Proave S.A., conocida por su nombre comercial como Pollo Rey, perteneciente a la División Industrial Pecuaria, Corporación Multi-Inversiones.

OBJETIVO 1. Uso de ácidos orgánicos durante el ayuno pre-faenado

1.1 Procedimiento en campo

Se evaluó el efecto de adicionar ácidos orgánicos en agua, para disminuir las pérdidas de peso durante el ayuno, captura y transporte de las aves al faenado. Se realizaron seis ensayos, en los cuales se puso a prueba un producto comercial que consiste en una combinación de ácidos orgánicos: ácido acético, ácido láctico, ácido propiónico, ácido tánico y ácido caprílico (Anexo 1).

Los ensayos se realizaron en cinco granjas integradas a la empresa, lo cual abarcó dos pruebas en una granja de la zona central, dos en granjas de la zona norte y dos granjas al sur del país. Las pruebas se basaron en un protocolo que consistió en utilizar 2 galeras pares (Control y Producto), se seleccionaron 50 aves al azar, 25 hembras y 25 machos por galera, se marcaron las aves individualmente en la pata con cinta y se numeraron del 1 al 100.

El producto se diluyó en la proporción de 1 litro para cada 250 litros de agua consumida durante todo el ayuno de la galera tratada. Se realizaron pesajes en tres períodos: inicio del ayuno, inicio del cargamento y llegada al matadero. No se pudo cuantificar el consumo de agua entre galeras, el pH del agua, ni el pH del tracto gastrointestinal.

1.1.1 Ensayos en la Zona Central

Se realizaron dos pruebas en la granja RS, ubicada en San Ramón, con galeras abiertas. Durante el Ensayo A, la galera tratada tenía un saldo de 19.885 aves con 36 días de edad y la galera control, un saldo de 17.981 aves con 37 días. Se realizó la dilución del producto de ácidos orgánicos con una presentación de 5 litros, por

tanque, para una relación de 5 litros/1100 litros de agua, mayor a la recomendada de 4 litros/1000 litros de agua, por motivos de practicidad en granja. El retiro de alimento inició 10 horas antes de la captura y se reportó la dilución de 10 litros de producto.

Durante el Ensayo B, la galera tratada tenía un saldo de 21.959 aves con 37,5 días de edad y la galera control, un saldo de 19.817 aves con 38 días. De igual manera se realizó la dilución de 5 litros/1100 litros de agua. Durante las 10 horas de ayuno en granja se diluyeron 15 litros de producto con ácidos orgánicos.

1.1.2. Ensayos en la Zona Norte

Durante el ensayo C, en la granja RG ubicada en La Palmera de San Carlos, con galeras de ambiente controlado, se reporta un saldo de 26.376 aves con 37 días de edad para la galera tratada y un saldo de 26.471 aves de la misma edad para la galera control. Se realizaron 3 diluciones de 4 litros del producto por cada 1000 litros, para llenar el tanque, durante las 8 horas de ayuno de la prueba, para un total de 12 litros del producto en 3000 litros de agua.

Por un inconveniente durante el ayuno en granja, solo se pudo continuar la prueba con 41 aves seleccionadas al inicio, para el pesaje a la captura y al llegar al matadero.

Durante el ensayo D, en la granja LA, ubicada en Santa Rita de San Carlos, con galeras abiertas, se reporta un saldo de 12.523 aves con 37 días de edad para la galera tratada y un saldo de 12.461 aves de la misma edad para la galera control. Se realizaron 4 diluciones de 1 litro de producto por cada 250 litros, para llenar el tanque, durante las 7 horas de ayuno, para un total de 4 litros del producto por 1000 litros de agua.

1.1.3. Ensayos en la Zona Sur

Se realizaron dos pruebas en Pérez Zeledón, en la granja QE y en la granja IN. El ensayo E, en la granja QE con galeras de ambiente controlado, se reporta un saldo de 24.843 aves con 37 días de edad para la galera tratada y 24.092 aves con la misma edad para la galera control. La galera tratada contaba con dosificador por lo

que se realizó la dilución al 0,4%. El ayuno en granja fue de 6 horas donde se consumieron 15 litros del producto.

El ensayo F se realizó en la granja IN, con galeras abiertas, se reporta un saldo de 15.706 aves con 36 días de edad para la galera tratada y un saldo de 15.822 aves con la misma edad para la galera control. El ayuno en granja tuvo una duración de 8 horas donde se utilizaron un total de 7 litros de la combinación de ácidos orgánicos.

Los tiempos de ayuno, carga, transporte y espera en andén en los seis ensayos se presentan en el Cuadro 3, el promedio de ayuno en los ensayos fue de 12,34 horas.

Cuadro 3. Horas de ayuno en granja, carga, transporte y espera en andén de las aves.

Ensayo	Tiempo (horas)					Total
	Ayuno Granja	Atrape	Transporte	Espera en Andén		
A	10	0,83	1,25	0,50		12,58
B	10	0,75	1,30	0,40		12,45
C	8	0,92	3,00	0,45		12,37
D	7	0,67	3,40	1,00		12,07
E	6	1,05	4,00	1,00		12,05
F	8	0,65	3,75	0,15		12,55

1.2 Análisis estadístico

Unidad experimental, las aves por tratamiento. El factor, la aplicación de ácidos orgánicos diluido en el agua de bebida durante el ayuno. La variable a evaluar fue la diferencia en merma entre las galeras al momento de la captura, del transporte y el total de pérdida en gramos y porcentual. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia ($P < 0,05$), utilizando diseño factorial 2 por 2.

El modelo experimental se muestra a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + \epsilon_{ij}$$

- Y_{ijk} = es la observación k-ésima de la variable respuesta disminución de peso en el i-ésimo nivel del tratamiento y j-ésimo del sexo.
- μ = es la media global
- T_i = es el efecto del i-ésimo nivel del tratamiento.
- S_j = es el efecto j-ésimo del sexo de las aves.
- TS_{ij} = es la interacción entre el i-ésimo nivel del tratamiento y j-ésimo del sexo.
- ϵ_{ij} = es el error experimental

Se implementó la prueba de comparación múltiple de Tukey entre las variables tratamiento, sexo y la interacción tratamiento*sexo, utilizando un nivel de significancia de 5% ($P < 0,05$). El peso al inicio del ayuno se estableció como covariable, durante el análisis de varianza para evitar un efecto de la selección al azar de las aves.

1.3 Evaluación del impacto económico de los ácidos orgánicos

Se realizó una simulación del ahorro mensual que implican las diferencias en mermas. Para el ejercicio de los cálculos, se trabajó con cifras económicas representativas y establecidas por la empresa que se muestran en el Cuadro 4.

Con las 6 pruebas, se determinó el costo por ave promedio de la utilización del producto de ácidos orgánicos, éste se sumó al costo por kilogramo más el pago adicional al integrado y se dividió entre el peso promedio del pollo más la diferencia en merma obtenida, para determinar el nuevo costo por kilogramo. Este costo por kilogramo nuevo se divide entre el costo por kilogramo establecido al inicio para determinar el ahorro mensual.

Cuadro 4. Cifras establecidas para la simulación de la ganancia económica.

Cifras representativas		
Costo por kilogramo del producto	₡750,00	\$1,39
Aves por semana	250.000,00	-
Peso promedio del pollo (kilogramos)	2,20	-
Pago por pollo adicional integrado	₡3,50	\$0,01

^a Tipo de cambio del dólar a ₡540,43 en noviembre 2015

OBJETIVO 2. Condiciones del agua en granja y el programa de limpieza

2.1 Diagnóstico del sistema

Para efectos del diagnóstico se elaboró el estudio en dos granjas integradas a la empresa. Se realizó la descripción del sistema, se revisaron y elaboraron los diagramas de la distribución del agua por medio de un sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés), donde se incluyeron los materiales de las tuberías y puntos críticos de contaminación.

En las granjas ubicadas en la zona central del país, se tomaron tres muestras por granja de la siguiente manera, una del tanque que conecta directamente a todo el sistema de las galeras y dos galeras seleccionadas al azar, donde se seleccionó una línea de niples por galera. A las muestras se le realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos.

Para efectos de la toma de muestra microbiológica, se realizó utilizando como guía el procedimiento indicado por Senasa (2013), en el documento DIPOA-PG-015 Aves, el cual incluye los siguientes pasos:

1. Quitar filtros de la salida de agua.
2. Flamear la tubería o según Cobb-Vantress (2013b), flamear el niple.
3. Dejar correr el agua por un minuto.
4. Tomar la muestra sin dejar que el recipiente o bolsa estéril toque alguna superficie, ni tocar el recipiente con los dedos.
5. Llenar el recipiente y refrigerar o almacenar en una hielera.

La toma de muestra para la determinación de biofilm en las tuberías se siguió la metodología de Scantling y Watkins (2013), que consiste en lo siguiente:

1. Cerrar la llave de la entrada del agua de la línea a muestrear.
2. Retirar la llave, válvula o tapón al final de la línea y permitir que salga el excedente de agua.
3. Limpiar la orilla de la salida con toallitas con alcohol al 91%.
4. Limpiar las pinzas largas (de 6 a 8 pulgadas de largo) con toallitas con alcohol y flamearlas para esterilizarlas.
5. Quitar la tapa del vial, sin tocar el borde o el interior de la tapa o el vial.
6. Ingrese las pinzas esterilizadas al vial, tome la esponja y presiónela contra las paredes del vial, para disminuir la humedad de la esponja.
7. Ingrese la esponja estéril en la tubería, con el cuidado de no pegarla en ninguna parte externa.
8. Inserte la esponja al menos a unos 10 cm del la tubería y realice movimientos de 360°.
9. Regresar la esponja al vial y cierre la tapa con fuerza para evitar derrames, agite vigorosamente el vial para que las bacterias sean liberadas en el diluyente de fosfato de Butterfield o agua esterilizada, marque el vial con las indicaciones del sitio de muestra y refrigere hasta su llegada al laboratorio entre las primeras 24 a 48 horas.

Se efectuó un primer muestreo de las condiciones físico-químicas del agua en cada granja en el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica con los métodos según APHA et al. (2012), mientras que los análisis microbiológicos fueron evaluados en el laboratorio laboratorio Genetak Análisis S.A con los métodos según APHA et al. (2005). Los análisis de las muestras con esponja para determinación del biofilm se realizaron en el laboratorio Microtec.

Para el segundo muestreo de las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua únicamente de las galeras muestreadas al inicio, los análisis se realizaron en el laboratorio de Microtec el cual remitió las muestras para análisis físico-químicos al laboratorio Lambda S.A, con los métodos según APHA et al. (2012). En el Cuadro

5, se encuentra una comparación de los métodos y análisis evaluados en cada muestreo.

Cuadro 5. Comparación de los métodos de análisis utilizados en cada muestreo.

Parámetro	Primer Muestreo	Segundo Muestreo
Dureza total	2340 D	2340 C
Calcio	.	3111
Magnesio	.	3111
Conductividad	2510 A	2510B
Cloro residual libre	.	4500-CI A, F y G
Cloro residual combinado	.	4500-CI A, F y G
Turbiedad	2130 B	2130A y 2130B
Sólidos totales	2540 B	2540B
pH	4500-H B	4500H
Olor	2150 B	.
Color	2150 B	2120B
Sulfatos	Cromatografía 4110 B	Cromatografía 4110 B
Nitratos	Cromatografía 4110 B	Cromatografía 4110 B
Cloruros	Cromatografía 4110 B	Cromatografía 4110 B
Sodio	3500-K B	3111
Hierro	3111 B	3111
Coliformes fecales	991.15	991.14
Escherichia coli	991.15	991.14

2.2. Programa de limpieza y desinfección

Para la definición del programa de limpieza se trabajó en conjunto con Watkins (2015)¹, mediante capacitaciones y revisión de literatura y la guía de la Organización Mundial de Salud (2012). Se definieron los productos químicos a utilizar y se

¹ WATKINS S. 2015. Comunicación personal. Investigadora de la Universidad de Arkansas. Capacitación en la empresa Agroindustrial Proave S.A. Costa Rica

estableció un programa básico anual, entre partidas y diario para las granjas de la empresa.

Para probar el programa se efectuó una limpieza similar a la anual, pero únicamente en las galeras de prueba. Durante un periodo entre partidas en cada granja, se realizó la limpieza y desinfección en una de las galeras muestreadas (galera #2) y se dejó otra galera bajo el manejo habitual entre partida, el cual consistía en el drenaje de las líneas, acidificación con ácido acético a 0,5 cc/litro y cloración del agua.

La limpieza anual incluye la eliminación del biofilm y la reducción de problemas de sedimentación de los minerales, por lo cual el programa consistió de los siguientes pasos:

A. Eliminar el biofilm

- a. Al salir las aves del sistema, se realiza el drenaje (flushing) de las líneas. Revisar que todo el equipo está funcionando de manera correcta.
- b. Utilizar una solución de peróxido de hidrógeno estabilizado, al 3%. Es decir 3 litros del producto con peróxido de hidrógeno por cada 100 litros de agua.
- c. Agregar un tinte a la solución, como indicador ya que la solución a estos niveles es tóxica para las aves.
- d. Asegurar que la solución llegue a los nipples con una escoba y quitar el flushing del regulador para que la solución quede en éste.
- e. Dejar el peróxido actuar por 3 a 4 días en las líneas.
- f. Luego, realizar el drenaje de las líneas hasta que salga el agua sin tinte.

B. Reducción de problemas de minerales

- a. Agregar ácido acético o cítrico al agua hasta que alcance un pH menor a 5.
- b. Dejar el ácido actuar por 24 horas en el sistema.
- c. Realizar un flushing del ácido de las líneas.
- d. Agregar cloro hasta alcanzar de 2-3 ppm, es decir de 0,2 a 0,3 cc por cada 100L de agua, según los niveles permisibles para consumo de las aves.

2.3. Condiciones del agua posterior al programa

Se evaluó la limpieza y desinfección de las galerías muestreadas. Se realizó el procedimiento en una de las galerías y otra se mantuvo como control con el trabajo cotidiano que se realizaba en las granjas. A fin de establecer los resultados de la aplicación del programa de limpieza, se llevó a cabo un segundo muestreo de las condiciones del agua, en la misma semana de edad de las galerías en las que se realizó el primer muestreo de cada granja.

2.4. Costos del programa de limpieza y desinfección anual

Se determinó el volumen de solución para desinfección por metro lineal de la tubería. Mediante la fórmula: $Volumen = (\pi * r^2 * L/1000) * 2,5$. Siendo $\pi = 3,1416$, $r =$ el diámetro de la tubería entre 2 y $L =$ la longitud de la tubería. Se multiplica por 2,5 para estimar un colchón que permita el drenaje hasta la salida de la solución desinfectante. A partir del volumen estimado se determina la cantidad de producto desinfectante a utilizar por metro lineal y el costo de esos productos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

OBJETIVO 1. Uso de ácidos orgánicos durante el ayuno pre-faenado

1. Resultados estadísticos

En el Cuadro 6, se presentan los pesos promedios registrados al inicio del ayuno, a la captura de las aves y a la llegada al matadero para cada ensayo. Se muestran las diferencias significativas entre las galeras con tratamiento y las de control. En tres de los seis ensayos realizados hay un efecto de la selección al azar al inicio del ayuno, esto demuestra la importancia de colocar este parámetro como covariable durante el análisis de varianza de las mermas de peso.

Al comparar la significancia al inicio del ayuno con la obtenida al matadero se puede observar un efecto positivo de los ácidos orgánicos como tratamiento. Los promedios registrados para el ensayo B y el ensayo E, muestran una diferencia numérica siendo mayor el peso de la galera control sin embargo la significancia disminuye al llegar a matadero, mientras que en la zona norte se observa que en ambos ensayos los promedios del inicio fueron mayores para la galera en tratamiento y la diferencia significativa aumentó al llegar al matadero, es decir el peso se mantiene más constante para las galeras tratadas.

En el Cuadro 7, se muestran las diferencias significativas de los pesos promedios según el sexo. En el mismo se observa como los machos mantienen mayores pesos que las hembras lo que concuerda con lo esperado según la literatura (Kirkpatrick y Flemming 2008). Por esta razón durante el análisis estadístico se tomó como variable el sexo y la interacción entre el tratamiento y el sexo, para el efecto de las mermas.

Los resultados de las pérdidas de peso se muestran en el Cuadro 8, donde se comparan las mermas, posterior al ayuno en granja, por transporte y el total de la pérdida registrada. En el Cuadro 9, se observan las diferencias en mermas en gramos y porcentual registrados entre machos y hembras de ambas galeras.

Cuadro 6. Pesos promedios de los pollos de engorde registrados entre la galera tratada con ácidos orgánicos y la galera control en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.

Ensayo	Peso promedio al Inicio del Ayuno (g)		Peso promedio en Captura (g)		Peso promedio en Matadero (g)		Valores P (Tratamiento)		
	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control	Inicio	Captura	Matadero
Zona Central									
A	2094,40	2136,00	2032,80	2069,00	2012,00	2032,40	NS	NS	NS
B	2099,20 ^b	2216,80 ^a	2036,40 ^b	2148,40 ^a	2011,20 ^b	2112,00 ^a	0,0013	0,0018	0,0044
Zona Norte									
C	2539,80 ^a	2411,87 ^b	2494,20 ^a	2355,79 ^b	2452,20 ^a	2314,40 ^b	0,0010	0,0003	0,0003
D	2175,20	2126,37	2138,80 ^a	2062,33 ^b	2081,00 ^a	2006,33 ^b	NS	0,0410	0,0429
Zona Sur									
E	2070,80 ^b	2149,17 ^a	2004,00 ^b	2101,25 ^a	1979,60	2022,08	0,0065	0,0007	NS
F	2133,20	2107,60	2071,20	2052,80	2019,60	1997,60	NS	NS	NS

^{ab} Letras diferentes entre columnas denotan diferencia significativa entre tratamientos P <0,05. NS: No significativo.

Cuadro 7. Pesos promedios de los pollos de engorde machos y hembras registrados durante los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.

Ensayo	Peso promedio al Inicio del Ayuno (g)		Peso promedio en Captura (g)		Peso promedio en Matadero (g)		Valores de P (Tratamiento)		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Inicio	Captura	Matadero
Zona Central									
A	2289,20 ^a	1941,20 ^b	2219,40 ^a	1882,40 ^b	2184,80 ^a	1859,60 ^b	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
B	2329,20 ^a	1986,80 ^b	2259,20 ^a	1925,60 ^b	2224,00 ^a	1899,20 ^b	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Zona Norte									
C	2681,58 ^a	2270,08 ^b	2630,40 ^a	2219,59 ^b	2594,05 ^a	2172,55 ^b	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
D	2364,40 ^a	1937,17 ^b	2306,40 ^a	1894,73 ^b	2243,60 ^a	1843,73 ^b	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Zona Sur									
E	2282,28 ^a	1937,68 ^b	2221,27 ^a	1883,98 ^b	2159,77 ^a	1841,92 ^b	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
F	2326,80 ^a	1914,00 ^b	2261,20 ^a	1862,80 ^b	2198,40 ^a	1818,80 ^b	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

^{ab} Letras diferentes entre columnas del mismo pesaje denotan diferencia significativa P <0,05.

Cuadro 8. Perdidas de peso en gramos y porcentual registrados durante el ayuno en granja, al transporte y el total de merma para la galera tratada con ácidos orgánicos y la galera control en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.

Ensayo	Merma peso Ayuno en Granja (g)		Merma peso al Transporte (g)		Merma de Peso Total (g)		Diferencia en merma total (g)	Valores de P		
	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control		(Cont.-Trat.)	Ayuno	Transporte
Zona Central										
A	62,18	66,42	21,31 ^b	36,09 ^a	83,50 ^b	102,50 ^a	19,00	NS	0,0002	0,0002
	(2,95 %)	(3,13 %)	(0,99 ^b %)	(1,76 ^a %)	(3,91 ^b %)	(4,84 ^a %)	(0,93 %)			
B	64,35	66,85	25,90 ^b	35,70 ^a	90,25 ^b	102,55 ^a	12,30	NS	0,0361	0,0352
	(2,97 %)	(3,11 %)	(1,25 ^b %)	(1,67 ^a %)	(4,18 ^b %)	(4,74 ^a %)	(0,56 %)			
Zona Norte										
C	43,43	58,15	41,32	43,83	84,74	101,98	17,24	NS	NS	0,0602
	(1,74 %)	(2,36 %)	(1,69 %)	(1,87 %)	(3,40 ^a %)	(4,20 ^b %)	(0,80 %)			
D	36,13 ^b	64,37 ^a	57,39	56,49	93,52 ^b	120,86 ^a	27,34	0,0003	NS	0,0011
	(1,67 ^b %)	(3,00 ^a %)	(2,68 %)	(2,73 %)	(4,31 ^b %)	(5,65 ^a %)	(1,34 %)			
Zona Sur										
E	68,07 ^a	46,59 ^b	25,47 ^b	78,05 ^a	93,54 ^b	124,64 ^a	31,1	< 0,0001	< 0,0001	0,0017
	(3,23 ^a %)	(2,24 ^b %)	(1,21 ^b %)	(3,72 ^a %)	(4,40 ^b %)	(5,88 ^a %)	(1,48 %)			
F	61,72	55,08	51,30	55,5	113,02	110,58	- 2,44	NS	NS	NS
	(2,90 %)	(2,60 %)	(2,48 %)	(2,66 %)	(5,30 %)	(5,19 %)	(-0,11 %)			

^{ab}Letras distintas entre columnas denotan diferencia significativa P < 0,05.

Cuadro 9. Perdidas de peso en gramos y porcentual registrados durante el ayuno en granja, al transporte y el total de merma para pollo de engorde machos y hembras en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.

Ensayo	Merma peso Ayuno en Granja (g)		Merma peso al Transporte (g)		Merma de Peso Total (g)		Diferencia en merma total (g) (Macho - Hembra)	Valores de P		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras		Ayuno	Transporte	Total
Zona Central										
A	64,92	63,68	30,30	27,10	95,22	90,78	4,44	NS	NS	NS
	(3,07 %)	(3,01 %)	(1,45 %)	(1,30 %)	(4,48 %)	(4,27 %)	(0,21 %)			
B	65,49	65,71	33,15	28,45	98,64	94,16	4,48	NS	NS	NS
	(3,07%)	(3,02 %)	(1,55 %)	(1,37 %)	(4,57 %)	(4,35 %)	(0,22 %)			
Zona Norte										
C	41,43	60,14	35,07	50,08	76,50 ^b	110,22 ^a	- 33,72	NS	NS	0,0117
	(1,65 %)	(2,45 %)	(1,44 %)	(2,11 %)	(3,08 ^b %)	(4,52 ^a %)	(-1,44 %)			
D	55,39	45,11	58,87	55,01	114,26	100,12	14,14	NS	NS	NS
	(2,60 %)	(2,07 %)	(2,79 %)	(2,62 %)	(5,32 %)	(4,65 %)	(0,67 %)			
Zona Sur										
E	55,27	59,39	56,68	46,84	111,96	106,23	5,73	NS	NS	NS
	(2,82 %)	(2,64 %)	(2,65 %)	(2,28 %)	(5,23 %)	(5,05 %)	(0,18 %)			
F	61,15	55,65	57,90	48,90	119,05	104,55	14,50	NS	NS	NS
	(2,89 %)	(2,61 %)	(2,79 %)	(2,35 %)	(5,60 %)	(4,90 %)	(0,70 %)			

^{ab}Letras distintas entre columnas denotan diferencia significativa P < 0,05. NS: no significativo.

La Figura 1, muestra las pérdidas de peso entre la galera con tratamiento y sin tratamiento (control). La pérdida en gramos y porcentual, tuvo un promedio de 93,10g (4,25%) para las galeras con ácidos orgánicos y 110,52g (5,08%) para el control. El promedio de pérdida sin ácidos orgánicos para la zona central fue de 102,53g (4,79%) para la zona norte y sur de 111,42 (4,93%) y 117,61 (5,54%) respectivamente.

Esto puede relacionarse al efecto del tiempo en transporte, al comparar los tiempos de traslado de las aves en el Cuadro 3, en las pruebas realizadas en San Carlos (C y D) las aves tuvieron un promedio de 3,20 horas de transporte y en las pruebas de Perez Zeledón (E y F) se obtuvo un promedio de 3,70 horas, mientras que los ensayos de San Ramón fue de 1,28 horas.

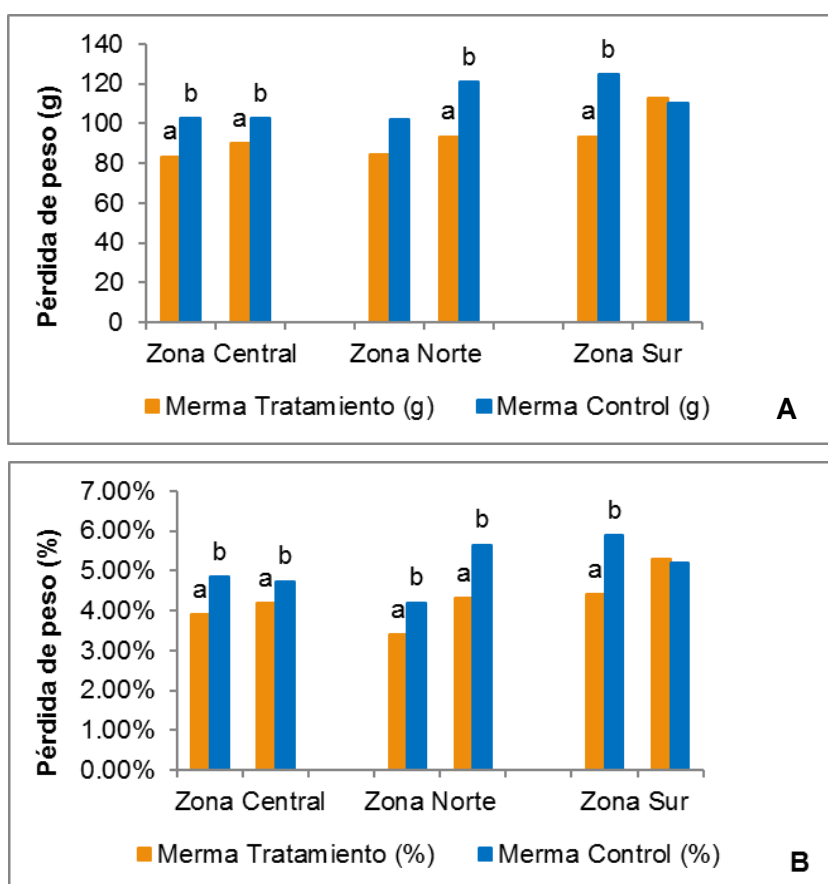


Figura 1. Pérdidas de peso A en gramos y B en porcentaje del peso vivo de las aves durante los ensayos en la zona central, zona norte y zona sur. Letras diferentes entre barras presentan diferencia significativa ($P < 0,05$).

Se presenta una diferencia en las pérdidas de peso, siendo menor la pérdida en cinco de las pruebas para las galeras donde se trataron las aves. En la Figura 2, se representan las diferencias al restar la merma del tratamiento menos la merma del control y se obtiene un promedio de 17,43 g y 0,84% más de peso en las aves que consumieron ácidos orgánicos. Los promedios de diferencia en merma por zona corresponden a 15,65g (0,75%) para la zona central, 22,29 g (1,07%) para la zona norte y 14,33g (0,69%) para la zona sur.

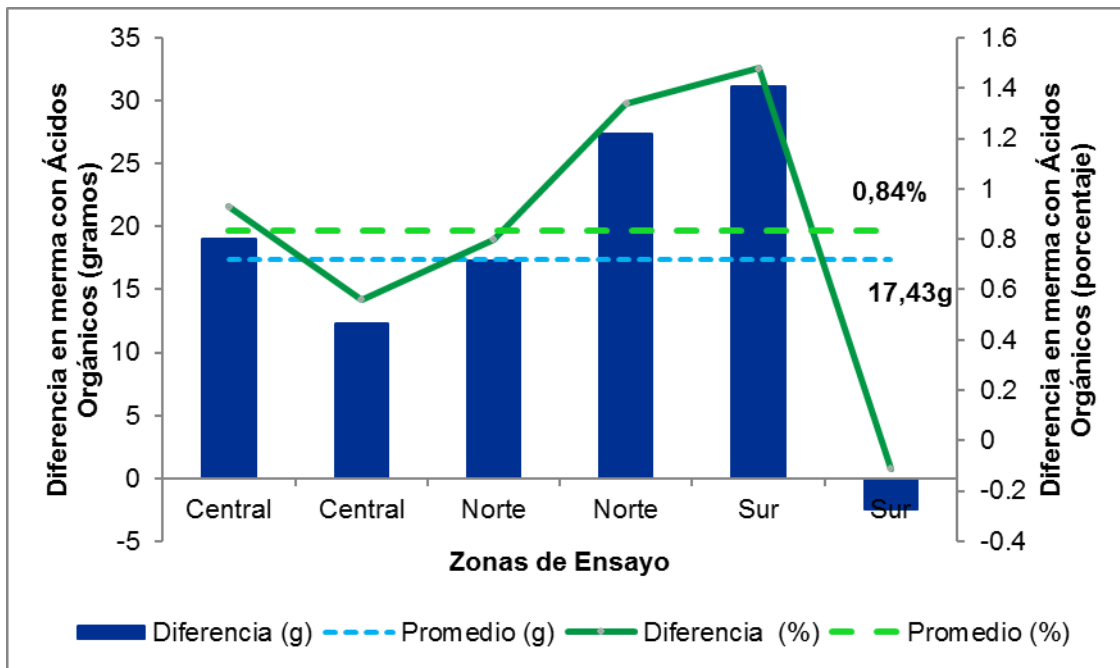


Figura 2. Resultados de la diferencia de la pérdida de peso de las aves con ácidos orgánicos menos la merma sin tratamiento.

En el Cuadro 8, se observa que los efectos significativos de los ácidos orgánicos se presentan principalmente durante las pérdidas al transporte, ya que durante las mermas registradas al ayuno únicamente el ensayo D presentó una diferencia significativa siendo mayor la pérdida para el control. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Rodríguez (2013) donde el efecto se presentó durante el transporte de las aves, que es el momento donde se exponen a mayor estrés.

Según Cuadros (2006) el estrés durante el transporte provocado por la exposición del ave a microclimas, estrés calórico, vibraciones, movimientos, impactos

y el prolongamiento del ayuno, hace que la merma durante el transporte pueda llegar a ser de las más significativas.

Al observar las pérdidas totales desde el ayuno hasta la llegada a la planta, durante cinco de las seis pruebas se pudo determinar una diferencia en merma positiva para las galeras donde se implementaron los ácidos orgánicos. Sin embargo, en el ensayo C hubo solo una tendencia numérica, en comparación a los ensayos A, B, D y E, donde la diferencia en gramos y porcentual fue estadísticamente significativa. En el Cuadro 8, se observa que el primer ensayo de la zona norte obtuvo un nivel de significancia de 0,0602, siendo mayor al valor de P determinado (0,05), sin embargo al observar la Figura 1, la diferencia a nivel porcentual fue significativa con $P= 0,0349$.

Esta tendencia de la prueba C, a pesar de que la diferencia en gramos es numéricamente mayor al ensayo B, se debe a que durante el ensayo se tuvo inconvenientes y se perdieron 9 aves de la galera control, de las cuales 6 de estas eran hembras, lo que pudo llevar a una tendencia al no tenerse mismo número de unidades experimentales.

Al comparar los ensayos E y F del Cuadro 8, se observa cómo a pesar de que el ensayo E presentara la mayor diferencia en merma favoreciendo el uso de ácidos orgánicos, durante el ensayo F no se obtuvo un beneficio para la galera con tratamiento y aunque no se presentaron diferencias significativas, la pérdida de peso fue numéricamente mayor para el tratamiento. Fernández et al. (2014), tampoco obtuvo diferencias significativas en la pérdida de peso entre galeras expuestas a una combinación de ácidos orgánicos y una control, estos autores reportan que no hubo disminución de las mermas similar a lo obtenido en el ensayo F.

Esto pudo deberse a condiciones desfavorables de manejo durante el ayuno, el supervisor de la granja IN, Ramírez (2015)², menciona que la granja presentaba antecedentes de problemas de desempeño y manejo, es posible que la galera tratada fuera expuesta a un mayor estrés durante el ayuno, sin embargo durante el transporte disminuye la merma para el tratamiento, pero sin mostrar diferencias

² RAMÍREZ J. 2015. Comunicación personal. Supervisor de granjas de engorde. Empresa 41 Agroindustrial Proave S.A. Costa Rica

significativas. El resultado de merma total es similar a lo obtenido por Fernández et al. (2014) al no obtener diferencias significativas en las pérdidas de peso entre el control y ácidos orgánicos, incluso siendo numéricamente mayor la pérdida de peso al implementar una combinación de ácido fórmico, acético y formiato de amonio.

Fernández et al. (2014), menciona que el consumo de agua con ácidos orgánicos y su función durante el ayuno puede ser afectado más por las condiciones de manejo antes de la captura, la época del año, la densidad de las aves y el nivel tecnológico de la granja.

En el Cuadro 10, se muestra el tipo de galera, edad, densidad y mortalidad acumulada a las que fueron expuestas las aves de cada ensayo. Se observa que el ensayo F se realizó en galeras abiertas con una baja densidad en ambas galeras, incluso la mortalidad en este ensayo fue menor que en las galeras con ambiente controlado. No se identifica un efecto directo de la densidad o sanidad de las aves que influyera en el resultado del ensayo F. Sin embargo el Cuadro 3, muestra que el tiempo de ayuno fue mayor a las 12,5 horas, siendo el tiempo de ayuno en granja el factor determinante en la pérdida de peso de las aves.

En el caso del ensayo A, el cual obtuvo el mayor tiempo de ayuno (Cuadro 3), se puede observar que la densidad era elevada en galeras abiertas, pero con una mortalidad menor en la galera con tratamiento y se obtuvo una diferencia significativa favorable para el uso de los ácidos orgánicos.

Sin embargo la mortalidad en el ensayo B fue mayor para la galera con tratamiento y se obtuvo una pérdida de peso significativamente menor al control. La mortalidad acumulada final, puede estar influenciada por mortalidad elevada a la primera semana de edad de las aves, la cual se relaciona a calidad del pollito (Bastidas et al. 2015), malas condiciones de recibo o por problemas de sanidad en las aves durante el proceso de engorde.

La edad entre galeras fue la misma en cuatro de los seis ensayos, sin embargo en los ensayos A y B la galera control tenía mayor edad, sin embargo de

los ensayos C, D, E y F que tuvieron la misma edad entre galeras únicamente el ensayo F no presentó efecto positivo del uso de ácidos orgánicos.

Cuadro 10. Tipo de galera, edad, densidad inicial, densidad final y mortalidad acumulada en la galera con ácidos orgánicos y la galera control.

Ensayo	Galera	Tipo de galera	Edad a cosecha	Densidad (ave/m ²)		Mortalidad Acumulada (%)	
				Inicial	Final	1 ^a semana	Final
A	Tratamiento	Abierta	36	14,44	13,73	1,06	4,93
	Control	Abierta	37	13,16	12,42	1,16	5,65
B	Tratamiento	Abierta	37.5	16,08	15,21	1,17	5,41
	Control	Abierta	38	14,38	13,69	0,92	4,78
C	Tratamiento	Controlada	37	17,93	16,65	1,95	7,14
	Control	Controlada	37	17,63	16,44	1,31	6,76
D	Tratamiento	Abierta	37	10,50	10,30	0,70	1,95
	Control	Abierta	37	10,42	10,05	0,71	3,49
E	Tratamiento	Controlada	37	17,27	16,46	1,96	4,68
	Control	Controlada	37	16,93	15,97	1,73	5,68
F	Tratamiento	Abierta	36	9,59	9,36	0,74	2,38
	Control	Abierta	36	9,53	9,29	0,98	2,50

En el Cuadro 8, se observan la comparación de la pérdida de peso entre machos y hembras. Las diferencias debido al sexo no mostraron significancia en la mayoría de los ensayos, aunque si fueron numéricamente mayor en machos lo que concuerda con lo obtenido por Cuadros (2006), quien obtuvo diferencias significativas entre las pérdidas por sexo, siendo los machos los que presentaron mayor merma. Orlic et al. (2007) menciona que los machos pueden presentar hasta 0,4% más de pérdida de peso durante ayunos de 10 horas en comparación a las hembras, en los ensayos de este estudio se obtuvo desde 0,2 a 0,7% de diferencia.

Sin embargo en el ensayo C, se presenta una excepción a lo que se menciona en la literatura. Según Cuadros (2006), los machos presentan mayores pérdidas debido a que estos son de mayor peso y su metabolismo se ve más afectado por las condiciones de estrés producto del ayuno, la captura y el transporte, sin embargo en este ensayo las hembras registraron la mayor pérdida, a pesar de que los machos eran de mayor peso.

Cabe destacar que en esta prueba se presentaron varios inconvenientes, se perdieron 3 machos y 6 hembras de la galera control, es posible que las hembras que quedaron presentaran altas pérdidas, lo que provoca que el promedio de pérdida sea mayor en comparación a los machos que quedaron.

El efecto de la pérdida de peso registrada por las hembras de la galera control generó una interacción significativa entre el sexo y el tratamiento, siendo mayor la pérdida de las hembras sin ácidos orgánicos, sin embargo esto pudo deberse a los inconvenientes presentados durante este ensayo. Los otros ensayos no presentaron interacciones significativas entre el sexo y el tratamiento, aunque numéricamente en el ensayo A y E las hembras con el tratamiento presentaron menores pérdidas.

La variabilidad de las condiciones de manejo en granja, densidad, ambientes y calidad de las aves pudieron influenciar en la respuesta del uso de ácidos orgánicos en la disminución de la pérdida del peso en las aves, siendo el tiempo de ayuno el mayor determinante del porcentaje en merma y principalmente durante el transporte se determina el efecto del uso de ácidos orgánicos de manera significativa.

La diferencia significativa de los ensayos A, B, D y E concuerdan con lo obtenido por distintos autores Wolfenden et al. (2007), Marielli y Troian (2011), Urbano (2013) y Menconi et al. (2014) que probaron la misma combinación de ácidos orgánicos (AO), ácido acético, láctico, propiónico, tánico y caprílico.

Wolfenden et al. (2007), determinaron diferencias significativas de peso en las aves al llegar a la planta, siendo favorable para las que recibieron el tratamiento, además identificaron que las carcasas con la combinación de AO presentaban menor deshidratación.

El promedio de diferencia en merma obtenida en este proyecto difiere de la reportada por Marielli y Troian (2011), donde la media de diferencia en merma fue de 1,40% del peso de las aves, mayor al promedio de este estudio de 0,84% (Figura 2). La merma total alcanzó una diferencia máxima de 1,48% en el ensayo E, misma diferencia en merma que obtuvo Urbano (2013).

Menconi et al. (2014) en dos experimentos obtuvieron una diferencia numérica de 37g y 32,2 g, los autores mencionan que la reducción en pérdidas de peso se debe a la combinación de ácidos orgánicos que posee el producto y a la dilución, ya que es lo suficientemente alta para tener un efecto bactericida y de reducción de pH, pero no afecta el consumo del agua debido a las propiedades de los ácidos en combinación y los complejos aminoácido-metal.

En el estudio de Wolfenden et al. (2007), los ácidos orgánicos se relacionan a los aumentos de consumo de agua, que es el factor determinante para reducir el pH del tracto, mejorar la absorción de los nutrientes y evitar la deshidratación de la carcasa, lo que Alzawqari et al. (2013), rectifica que hay una relación entre la hidratación del ave y la reducción en las pérdidas de peso.

Sin embargo Wolfenden et al. (2007) mencionan que los ácidos deben ser agregados hasta un punto donde no se afecte el consumo de agua, ya que los ácidos han sido asociados a disminuir la ingesta de agua cuando se utilizan de manera individual. Aunque dichos autores no especifican la dosis o el punto límite de cada ácido, al agregar la combinación de AO en una dosis de 1 L /1000 L de agua, obtuvieron mayor consumo en la galera tratada, mientras que Menconi et al. (2014), utilizaron una dosis de 4 L / 1000 L agua y presentó el mismo comportamiento siendo mayor el consumo del agua con AO.

Jarquín et al. (2007), mencionan que ante una combinación de ácidos orgánicos se reducen los problemas de disminución de consumo de agua. Sin embargo Phoprasit et al. (2014) obtuvieron una reducción en la ingesta de agua al agregar ácidos orgánicos (propiónico, fórmico y amoniato) con vitaminas en comparación a los tratamientos con solo vitaminas y el control.

Como no se pudo cuantificar el consumo de agua entre galeras, ni el pH del agua ni del tracto gastrointestinal, se desconoce el efecto directo de los AO en el consumo de agua o en el pH. Sin embargo, los autores anteriormente mencionados indican una relación entre la hidratación, la disminución bacteriana y la calidad del agua con la reducción en merma. El efecto observado en la reducción de peso puede deberse a las propiedades de cada ácido utilizado en el producto comercial.

Los ácidos acético, láctico y propiónico presentes en la combinación utilizada en este estudio son ácidos de cadena corta, con una mayor capacidad de permanecer en la forma no disociada (con una pKa entre 3 a 5), por lo que se les asocia a una mayor actividad antimicrobiana (Mahecha 2006). Sin embargo, el ácido orgánico de cadena corta que presenta mayor palatibilidad es el ácido láctico y el de menor el ácido acético (Pojota 2011). El ácido láctico en diluciones adecuadas ha mostrado reducir los problemas de consumo, dosis de 0,44% no mostró diferencias en el consumo de agua (Byrd et al. 2001).

El ácido caprílico, presente en la combinación pertenece a un grupo de ácidos de cadena media, los cuales se han asociado a un mayor efecto antibacterial específico en *Salmonella* que los ácidos de cadena corta (Van Immerseel et al. 2006). El ácido tánico también se relaciona con efecto bactericida debido a su potencial de asociación al hierro, lo que deja indisponible este mineral para las bacterias dependientes y provoca reducción en la población de bacterias patógenas (Redondo et al. 2014), este ácido se ha asociado a sabor astringente, sin embargo ha sido implementado como aditivo en alimentos para aves como saborizante a dosis de hasta 10 g/kg en aves, sin presentar problemas de consumo (EFSA 2014).

1.1 Evaluación económica

Los costos de la utilización del producto se muestran en el Cuadro 11, se pueden observar los costos por ensayo y el promedio por zona, el cual se utilizó para la simulación económica del ahorro que implicaría el ingreso de aves con mayor peso. El producto de combinación de ácidos orgánicos viene en presentación de 5 litros con un costo de ₡23.300,00.

Cuadro 11. Costo total y por ave de la utilización del producto de ácidos orgánicos en los ensayos realizados en la zona central, norte y sur de Costa Rica.

Ensayo	Cantidad producto (L)	Costo total	Aves por galera	Costo por ave	Costo por ave promedio
Zona Central					
A	10,00	¢46.400,00	19.885	¢2,33	¢2,75
B	15,00	¢69.600,00	21.959	¢3,17	
Zona Norte					
C	12,00	¢55.680,00	26.376	¢2,11	¢1,80
D	4,00	¢18.560,00	12.523	¢1,48	
Zona Sur					
E	15,00	¢69.600,00	24.843	¢2,80	¢2,43
F	7,00	¢32.480,00	15.822	¢2,05	

Para la simulación se toma en cuenta que si la planta procesa 250.000 aves por semana, en un mes (4,33 semanas) se procesan 1.082.500 aves. El peso promedio fijo de las aves que ingresan a la planta es de 2,20 kg, lo que representa 2.381.500 kg al mes fijos. El costo por cada kilogramo determinado por la empresa es de ¢750, lo que implica al mes un costo fijo de ¢1.786.125.000,00. En el Cuadro 12, se presentan los cálculos de la simulación económica por zona y el promedio.

Cuadro 12. Simulación económica del ahorro mensual al utilizar los ácidos orgánicos en la zona central, norte y sur de Costa Rica y el promedio según los resultados de la disminución de la pérdida peso en las aves.

	Zona Central	Zona Norte	Zona Sur	Promedio
Diferencia de merma en pie (kg)	0,01565	0,02229	0,01435	0,01743
Total al mes (kg)	16.941,13	24.128,93	15.533,88	18.867,98
Peso fijo por ave más diferencia en merma (kg)	2,21565	2,22229	2,21435	2,21743
Kilogramos al mes	2.398.441,125	2.405.628,925	2.397.033,875	2.400.367,975
Costo mensual del producto	₡2.976.875,00	₡1.948.500,00	₡2.630.475,00	₡2.518.616,67
Costo/kg + Costo producto	₡1.789.101.875,00	₡1.788.073.500,00	₡1.788.755.475,00	₡1.788.643.616,67
Costo/kg + producto+ pago adicional	₡1.792.890.625,00	₡1.791.862.250,00	₡1.792.544.225,00	₡1.792.432.366,67
Costo/kg	₡747,52	₡744,86	₡747,82	₡746,73
Dilución del costo	₡2,48	₡5,14	₡2,18	₡3,27
Ahorro Mensual	₡5.940.218,75	₡12.359.443,75	₡5.231.181,25	₡7.843.614,58
Ahorro Dólares ¹	\$10.919,12	\$22.718,73	\$9.615,79	\$14.417,88

¹ Tipo de cambio del dólar BCCR ₡544,02.

Como se mencionó, el costo fijo por kilogramo establecido por la empresa es de ₡750, por lo que el ejercicio de la simulación permite observar el efecto de los kilogramos que no se pierden durante el ayuno. En el Cuadro 12, se observa que al sumar el costo mensual de la utilización del producto (costo por ave promedio por 250.000) y el pago adicional por pollo al productor por entregar peso mayor al esperado (₡3,50 por pollo), se forma un costo total que se diluye entre los kilogramos totales que ingresaron y esto disminuye el costo fijo de ₡750 a un promedio de ₡746,73 por kilogramos.

La diferencia en el costo fijo por kilogramo que se produce al ingresar un mayor porcentaje de gramos, que no se pierden durante el ayuno o transporte, implica en promedio un ahorro de ₡7.843.614,58 (\$14.417,88).

Por zona se observa que la mejor respuesta económica se presentó en la zona norte donde el costo disminuye hasta ₡5,14 por kilogramo y el menor efecto lo presentó la zona sur, ya que el ensayo F presentó mayor merma con los ácidos orgánicos, sin embargo el ensayo E de esa zona fue el que presentó la mayor diferencia en merma a favor del tratamiento con ácidos orgánicos, en comparación a los otros ensayos.

Desde el punto de vista del integrado, el pago se realiza por pollo y el mismo depende de la conversión alimenticia con la que finaliza, el pago adicional mencionado por la empresa se realiza al mejorar la conversión alimenticia. Si se asume un consumo de 3600g por ave con un peso de 2200g se obtiene una conversión de 1,636, y con el mismo consumo pero al entregar en planta 2217,43 g por ave se obtiene una conversión de 1,624, para una reducción de 0,013.

Si el costo del producto de ácidos orgánicos es de ₡2,33 por ave y el integrado asume el costo, al entregar en planta 17,43g adicionales al peso esperado, mejora en 1,3 la conversión alimenticia, por lo que se le paga el adicional de ₡3,50 por pollo. Para una ganancia neta de ₡1,17 por ave entregada a planta. Un productor que entrega 100.000 aves en un año recibe una ganancia de ₡117.000.

OBJETIVO 2. Condiciones del agua en granja y el programa de limpieza

2.1 Diagnóstico inicial

Granja A

Ubicación: Turrúcares de Alajuela. Cuenta con 12 galeras.

Fuente de agua: pozo perforado de 72 metros de profundidad. Últimos cambios se realizaron en el 2014, se cambió la bomba y se renovaron tuberías por PVC.

Condiciones del pozo:

- ✓ Se encuentra encerrado y con acceso restringido.
- ✓ Se forma una pendiente alrededor de la cabeza del pozo para evitar el drenaje o escorrentía.
- ✓ No se observaron grietas en la superficie cercana a la cabeza del pozo.
- ✓ Posee una tapa en la cabeza del pozo en buen estado
- ✓ No presenta erosión alrededor de la tapa
- ✓ No se presenta corrosión en el equipo, tuberías o instalaciones.

Aditivos suministrados al agua:

- Melaza se agrega 1 galón por tanque de 1000 litros, cada cambio de fase de alimento.
- 2 kg de sal al tanque de 1000 litros, cada cambio de fase de alimento.

Uso de ácidos y/o desinfectantes:

- Ácido acético dosis de 0,3 a 0,5 cc/L todos los días.
- Sulfato de cobre 250 g/1000L cada cambio de fase.
- Cloro 1 pastilla por tanque.

Diagrama:

En el Anexo 2, se presenta el diagrama elaborado con la tecnología GPS (Global Positioning System) (Figura 4), donde se identifica cerca del pozo un punto

de riesgo, ya que adyacente a la toma de agua de la fuente se encuentra una granja de gallinas y cerdos.

Puntos Críticos identificados:

Bajo riesgo

- ✓ Poca frecuencia de formación de algas en el tanque principal y tanques medicadores.
- ✓ Poca frecuencia de averías en tuberías y/o tanque.

Medio riesgo

- ✓ La fuente de agua se comparte con la planta antigua de Tío Pepe.

Alto riesgo

- ✓ Se encuentran animales como ganado y perros con acceso a los alrededores de la fuente.
- ✓ Se encuentran otras instalaciones pecuarias a menos de dos kilómetros de la fuente de agua.

Granja B.

Ubicación: Esparza de Puntarenas. Cuenta con 4 galeras y un tanque principal

Fuente de agua: cuenta con un pozo perforado de 60 metros de profundidad ubicado entre la galera 1 y 2. El pozo se creó en el 2011 y no se le han realizado cambios. Se cuenta con una fuente de agua superficial secundaria en caso de emergencia, se trata del drenaje del río cercano a la propiedad.

Condiciones del pozo:

- ✓ El pozo se encuentra dentro de la propiedad, no se encuentra encerrado o con acceso restringido.
- ✓ Se encuentra una pendiente alrededor de la cabeza del pozo que evite el drenaje o escorrentía.
- ✓ No se observan grietas en la superficie cercana a la cabeza del pozo.

- ✓ Posee una tapa en la cabeza del pozo en buen estado
- ✓ El equipo y tuberías presentan corrosión.

Aditivos implementados:

- Vitaminas 0,5 cc/L durante el recibo de las aves.
- Sulfato de cobre 0,5 cc/L durante primeros 4 días de las aves.

Uso de ácidos y/o desinfectantes:

- Ácido acético dosis de 0,5 cc/L durante la primera semana y cada cambio de fase por 2 a 3 días.
- Cloro 3 pastillas en el tanque principal de 14000 litros.

Diagrama

Se encontró un tanque principal que alimenta las 4 galeras de la granja, no cuenta con tapa de plástico sino con un sarán. Las tuberías son de PVC a excepción de las tuberías que van del tanque a la galera 4. En el Anexo 3, se presenta el diagrama de la granja y el croquis de las tuberías.

Puntos Críticos:

Únicamente se presentaron los siguientes puntos de bajo riesgo:

- ✓ Se encuentran otras instalaciones pecuarias a menos de dos kilómetros de la fuente de agua. Alrededor de la granja se encuentran sistemas de ganado bovino, sin embargo estos no se encuentran en el perímetro de la granja y no tienen acceso a la fuente.
- ✓ Se encuentran cultivos donde utilizan químicos, herbicidas o plaguicidas a menos de dos kilómetros de la fuente de agua.

En el Cuadro 13 se muestran los resultados de los análisis físico-químicos realizados durante el primer muestreo en el tanque y galeras de las granjas. Los parámetros en alerta por sobre pasar los ideales se presentan en negrita. Los resultados de los análisis microbiológicos se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 13. Resultados de los análisis físico-químicos del primer muestreo en las granjas.

Parámetro	Niveles aceptables	Granja A			Granja B		
		Tanque	Galera #2 Línea #2	Galera #3 Línea #4	Tanque	Galera #2 Línea #3	Galera #4 Línea #3
Dureza total	< 300 mg/L CaCO ₃	154,1 ± 3,5	152,1 ± 3,4	151,1 ± 3,4	54,0 ± 1,7	56,0 ± 1,7	57,0 ± 1,7
Conductividad	400 µS/cm	351,0 ± 3,0	350,2 ± 3,0	347,7 ± 3,0	236,3 ± 2,0	218,6 ± 1,9	217,5 ± 1,9
Turbiedad	< 1 UNT (Máx. 5)	<0,30	3,10 ± 0,17	0,670 ± 0,04	0,530 ± 0,03	2,75 ± 0,15	3,77 ± 0,20
Sólidos disueltos	≤ 1000 ppm	262,8 ± 6,6	302,4 ± 7,5	271,0 ± 6,8	160,6 ± 4,4	152,5 ± 4,4	178,8 ± 4,8
pH	≤ 7	7,72 ± 0,17	7,23 ± 0,17	7,84 ± 0,17	7,70 ± 0,17	7,38 ± 0,17	7,53 ± 0,17
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Color	5-15 CU (U-Pt-Co)	5 ± 2,9	5 ± 2,9	5 ± 2,9	< 5,0	5,0 ± 2,9	5,0 ± 2,9
Sulfatos	15-40 mg/l	1,98 ± 0,086	2,02 ± 0,086	2,00 ± 0,086	6,32 ± 0,21	3,91 ± 0,20	3,93 ± 0,20
Nitratos	1-5 mg/l (Máx. 25)	39,2 ± 1,6	39,0 ± 1,6	37,5 ± 1,6	2,52 ± 0,29	6,37 ± 0,31	6,31 ± 0,30
Cloruros	25-150 mg/l Cl ⁻	11,50 ± 0,75	18,0 ± 0,74	10,83 ± 0,73	1,85 ± 0,32	3,12 ± 0,32	3,02 ± 0,32
Sodio	50-150 mg/l Na	13,65 ± 0,13	13,75 ± 0,13	13,65 ± 0,13	36,27 ± 0,50	28,36 ± 0,41	28,76 ± 0,42
Hierro	< 0,3 mg/l Fe	< 0,080	< 0,080	< 0,080	< 0,080	< 0,080	<0,080

Cuadro 14. Resultados de los análisis microbiológicos del primer muestreo en las granjas.

Parámetro	Niveles aceptables	Granja A			Granja B		
		Tanque	Galera #2 Línea #2	Galera #3 Línea #4	Tanque	Galera #2 Línea #3	Galera #4 Línea #3
Coliformes fecales	1 NMP/100ml	54,4	5,2	<1	357,8	1	3,1
Escherichia coli	1 NMP/100ml	12	3,1	<1	11	<1	<1
Coliformes totales	< 1 UFC/ ml	-	<1	<1	-	18	17
E. coli (esponja)	< 1 UFC/ ml	-	<1	<1	-	3	10

Los resultados de laboratorio muestran que a nivel físico-químico, se presentan dos situaciones diferentes en cada granja. En la granja A, el agua se encuentra en riesgo por los niveles de nitratos, ya que por encima de los 25 mg/l puede provocar problemas a nivel productivo de las aves ya que incrementa la conversión alimenticia y afecta ganancia de peso. Los nitratos indican contaminación producto de la descomposición biológica de animales, fertilizantes químicos y presencia de bacterias en el agua (Blake 2001).

Además, tanto en la granja A como en la B, el nivel de pH requiere de control para garantizar que el cloro que se utiliza como desinfectante sea efectivo, ya que según Watkins (2004) se necesitan niveles de 5-6,5 de pH, sin embargo pH por debajo de 8 no afecta el consumo del agua. La turbidez a nivel de las galeras debe ser controlada en ambas granjas ya que se encuentran por encima de 1 unidad nefrelométrica de turbidez (UNT), pero no sobrepasan las 5 UNT, lo que indica presencia de materia orgánica que puede ser disminuida por medio del drenaje a presión de las tuberías (Tabler et al. 2014). No obstante, el agua en la granja B es aceptable a nivel físico-químico ya que los minerales presentes no comprometen el consumo ni la productividad de las aves.

A nivel microbiológico, ambas granjas presentan problemas de contaminación fecal en tanque principal, el cual conecta con la fuente, lo que implica que la contaminación puede haber sido generada desde el pozo. Ambas granjas tienen presencia de contaminación fecal en al menos una galera, lo que implica que la cloración diaria no fue efectiva para eliminar las bacterias, lo que puede relacionarse con el nivel alto de pH y turbidez que interfieren en la desinfección.

Según los resultados de coliformes totales y *Escherichia coli* (con esponja) no se pudo determinar la presencia de biofilm en las tuberías de las galeras. Los niveles de 0-100 UFC/ml de coliformes totales son aceptables y no indican presencia de biofilm. Sin embargo, Watkins (2015¹) menciona que es posible que otras bacterias como Salmonella, se encuentren presentes y no se muestren en los análisis de coliformes. Se recomienda para futuros diagnósticos de biofilm realizar análisis en laboratorio de total de bacterias para que se puedan identificar otros grupos que pueden estar presentes.

2.2 Programa de limpieza y desinfección

Cuando se efectuó el programa de limpieza y desinfección se determinaron detalles de manejo que deben ser implementados para la realización efectiva:

- I. Al realizar el drenaje de las líneas, la descarga de agua en la granja B mostró mayor cantidad de materia orgánica como se observa en la Figura 3. El drenaje requiere de varios minutos y secuencia de presión para garantizar que se logre disminuir la materia orgánica lo suficiente para que el desinfectante sea efectivo. Tabler et al. (2014), mencionan que una regla que puede ser útil cuando se realiza el drenaje de las líneas es drenar un minuto por cada 30 metros lineales de tubería de agua, es decir una galera con 450 metros lineales requerirá de al menos 15 minutos de drenaje. Se divide el flushing en dos sesiones de al menos 10 minutos de drenaje de las líneas para reducir al máximo la turbidez o bien hacer el drenaje por líneas para aumentar la presión, de 3 a 5 minutos por línea, dependiendo de la longitud de la tubería.

¹ WATKINS S. 2015. Comunicación personal. Investigadora de la Universidad de Arkansas.



Figura 3. Fotografías de la salida del agua al iniciar el flushing (A) y al finalizar el drenaje (B) de la galera #2 granja B.

- II. En ambas granjas la solución de peróxido que quedó en las tuberías por 3 días, generó un aumento en la presión de las líneas por la liberación de oxígeno, durante el tiempo de espera, que llevó a los nipples del sistema de las galeras a ceder. Se determina como segundo punto de manejo, dejar una salida de aire, se puede colocar las mangueras de salida elevadas para que la presión del oxígeno tenga una salida.
- III. Se decidió utilizar tinte vegetal para identificar la presencia de la solución de peróxido de hidrógeno al 3%, para ello se agregó a razón de 0,65 cc/litro de solución. Al finalizar los 3 días se logró identificar el tinte, pero con menor intensidad del color, se recomienda utilizar tintes de color verde o azul oscuro.

En ambas granjas a la salida de la solución no se observa descarga de agua turbia, a diferencia de lo comentado por Watkins (2015)¹ quien realizó experimentos anteriores en granjas y al salir la solución se presentan altas descargas de materia orgánica y suciedad de las tuberías producto del biofilm. Lo que podría deberse a una baja carga bacteriana en la superficie de las tuberías, ya que en el diagnóstico no se pudo identificar con certeza la presencia de una biocapa.

2.3 Efectos del programa de limpieza y desinfección

En el Cuadro 15 y Cuadro 16 se presentan los resultados del segundo muestreo en comparación a los resultados del diagnóstico inicial.

¹ WATKINS S. 2015. Comunicación personal. Investigadora de la Universidad de Arkansas.
Capacitación en la empresa Agroindustrial Proave S.A. Costa Rica

Cuadro 15. Comparación de resultados fisicoquímicos del agua de las líneas de las galeras antes y después del tratamiento con peróxido de hidrógeno y el manejo habitual (control).

Parámetro	Ideal	Tratamiento Granja A		Control Granja A		Tratamiento Granja B		Control Granja B	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Dureza total	< 300 mg/L	152,1 ± 3,40	165	151,1 ± 3,40	23	56,0 ± 1,7	83	57,0 ± 1,7	72
Calcio	Máx. 100 mg/L	-	55,3	-	16,7	.	33	.	26,4
Magnesio	30 mg/L	-	6,5	-	5,8	.	0,3	.	1,5
Cloro residual libre	0,6 mg/L	-	2	-	<0,05	.	2,04	.	2
Conductividad	400 µS/cm	350,2 ± 3,0	409	347,7 ± 3,0	485	218,6 ± 1,9	191	217,5 ± 1,9	193
Turbiedad	<1 UNT (Máx. 5)	3,10 ± 0,17	0,13	0,670 ± 0,04	0,1	2,75 ± 0,15	0,21	3,77 ± 0,20	0,13
Sólidos disueltos	≤ 1000 ppm	302,4 ± 7,5	392	271,0 ± 6,80	552	152,5 ± 4,4	244	178,8 ± 4,8	244
pH	< 7	7,23 ± 0,17	6,88	7,84 ± 0,17	5,08	7,38 ± 0,17	6,61	7,53 ± 0,17	6,61
Olor	Aceptable	Aceptable	-	Aceptable	-	Aceptable	-	Aceptable	-
Color	5-15 CU	5 ± 2,9	< 3	5 ± 2,90	< 3	5,0 ± 2,9	<3	5,0 ± 2,9	<3
Sulfatos	15-40 mg/l	2,02 ± 0,09	<0,1	2,00 ± 0,09	0,5	3,91 ± 0,20	1,2	3,93 ± 0,20	0,5
Nitratos	1-5 mg/l (Máx.25)	39,0 ± 1,60	42,72	37,5 ± 1,60	41,76	6,37 ± 0,31	22,35	6,31 ± 0,30	30,68
Cloruros	25-150 mg/l Cl ⁻	18,0 ± 0,74	14,1	10,83 ± 0,73	7,1	3,12 ± 0,32	1,8	3,02 ± 0,32	1,8
Sodio	50-150 mg/l Na	13,75 ± 0,13	15,3	13,65 ± 0,13	15,1	28,36 ± 0,41	14	28,76 ± 0,42	14
Hierro	< 0,3 mg/l Fe	< 0,080	< 0,01	< 0,080	0,77	< 0,080	< 0,01	<0,080	<0,02

Cuadro 16. Comparación de los resultados microbiológicos de las líneas de las galerías antes y después del tratamiento con peróxido de hidrógeno y el manejo habitual (control).

Parámetro	Ideal	Tratamiento Granja A		Control Granja A		Tratamiento Granja B		Control Granja B	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Coliformes fecales	< 1 NMP/ 100 ml	5,2	4	1	<1,8	1	<1,8	3,1	<1,8
Escherichia coli	< 1 NMP/ 100 ml	3,1	<1,8	<1	<1,8	<1	<1,8	<1	<1,8
Coliformes totales	< 1 UFC/ ml	<1	<1	<1	<1	18	<1	17	<1
E. coli (esponja)	< 1 UFC/ ml	<1	<1	<1	<1	3	<1	10	<1

En general se observa una mejora en la turbidez y el pH, en los niveles de ambas granjas y en ambas galeras. El cloro residual libre en el caso de la granja A, presentaba mejores resultados en la galera tratada, en la granja B el nivel presentado fue el mismo aunque supera los 0,6 mg/L, por lo que pudo haberse presentado un exceso de cloro en el sistema.

Los resultados del segundo muestreo reflejan inconsistencias en el caso de la dureza total para la granja A, la galera que recibió el tratamiento tuvo un aumento en la dureza en comparación al primer muestreo realizado, pero en el caso de la galera control hubo una disminución en comparación al primer muestreo. Las diferencias entre galeras para el resultado de la dureza después del tratamiento pueden estar relacionadas a los niveles de calcio. Como se observa en el Cuadro 15, los niveles de calcio son superiores en las galeras con tratamiento de ambas granjas, esto se refleja en un mayor nivel de dureza en estas galeras, sin embargo no sobrepasan los niveles aceptables.

Los efectos del desprendimiento masivo del biofilm producto de la acción del peróxido de hidrógeno pudieron influenciar en los niveles de calcio de las galeras en tratamiento. El calcio es parte de la matriz que se genera durante la formación del biofilm (Lappin-Scott y Costerton 2003), por lo que el efecto del desprendimiento de la misma pudo haber generado un ligero aumento al liberar el calcio de la matriz.

Rueda et al. (2013), determinaron que biofilms con capas inorgánicas con mayor porcentaje de hierro al ser desprendidas por efectos de tratamientos del agua, provocaban un aumento en los niveles de hierro y otros metales que se diluyeron en el agua y generaron aumentos incluso por encima de lo permitido para consumo humano.

La conductividad en la granja B disminuyó en ambas galeras, mientras que en la granja A aumentó en la galera tratada y en el control. Como la conductividad es una medida indirecta de sales, de iones como cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio (Merino 2004), al observar estos resultados del análisis del segundo muestreo se puede destacar que los nitratos y el sodio aumentaron en el

caso de la granja A, en el caso de la granja B únicamente aumentaron los niveles de nitratos en ambas galeras, pero el sodio se redujo.

Los sólidos disueltos aumentaron en el segundo muestreo de ambas granjas, estos se asocia a la presencia de iones inorgánicos, en el caso de la granja A puede deberse al incremento del sodio y posible incremento del calcio, mientras que en la granja B puede estar relacionado a incrementos en magnesio, calcio, potasio y bicarbonato (Silva 2008), sin embargo como estos elementos no se tomaron en cuenta en el primer muestreo, se desconoce su efecto directo.

No se logra diferenciar un efecto entre tratamientos en los niveles de minerales. La conductividad y sólidos disueltos aumentaron en menor proporción para la galera con tratamiento en la granja A, mientras que en la granja B, la disminución de la conductividad fue menor para la galera con tratamiento y los sólidos disueltos aumentaron en menor proporción para la galera control.

Los niveles de nitratos aumentaron para ambas granjas siendo más crítico en la granja A, ya que sobrepasa por casi el doble los 25 mg/L aceptables para que estos no afecten la producción de las aves. En el caso de la granja B, se presenta un aumento de los nitratos, pero principalmente en la galera control. Este aumento en general puede deberse a incrementos en la escorrentía que pueden estar cargados de fertilizantes utilizados en zonas cercanas a los pozos o la deposición de restos animales y excretas cercanos la fuente, sin embargo las galeras en tratamiento tuvieron un menor aumento, que puede deberse a un control del crecimiento bacteriano.

En la zona de Puntarenas por la cuenca del río Barranca, se ha identificado que los suelos al ser pobres en nitrógeno tienden a absorber en mayor cantidad el nitrógeno de los fertilizantes que provocan los problemas con este mineral, es por esto que en la granja B la presencia de nitratos es menor incluso cuando se presente la escorrentía de las aguas (Aquilla et al. 2006).

En los ensayos se presentaron variaciones en la época, cabe destacar que el primer muestreo se realizó a inicios de la época lluviosa (finales de marzo y principios de abril) y el segundo muestreo en octubre a finales de las lluvias.

La granja A se ubica en Turrúcares de Alajuela y la granja B se ubica en Esparza de Puntarenas. Por su parte las aguas subterráneas de Turrúcares se comunican con el río Siquiaraes, caracterizado por altos niveles de contaminación producto de la influencia de las aguas residuales de la zona franca del Coyoil de Alajuela, lo que se intensifica en invierno (MINAET 2012), mientras que las aguas de Esparza con la cuenca del río Barranca se han asociado a grandes contaminaciones de coliformes fecales producto de descargas domésticas al río (Mora et al. 2004).

Durante el segundo muestreo los análisis físico-químicos se realizaron en otro laboratorio, como se observa en el Cuadro 5, los métodos para conductividad y sólidos disueltos utilizados en cada laboratorio difieren, lo que pudo influenciar a su vez en los resultados.

La mejora en los niveles de pH y turbidez y los niveles de cloro residual libre, generan una mejora en los niveles de coliformes fecales, totales y *Escherichia coli*. En el Cuadro 15, se observa una disminución general en las galeras con tratamiento y control de ambas granjas. La galera en tratamiento de la granja A, presenta 4 NMP/100ml de coliformes fecales, el cual es menor al primer muestreo, pero con una menor disminución en comparación a la galera control, sin embargo esto se puede asociar al tipo de bacteria presente.

Las coliformes fecales incluyen *Escherichia coli* y algunas especies de *Klebsiella* (Díaz 2003), pero como se observa en el Cuadro 16, no se determinó presencia de *E. coli* en el segundo muestreo, sin embargo es posible que las coliformes desarrolladas en el biofilm de la galera tratada en la granja A, tuvieran una población mayoritaria de *Klebsiella* y que posterior a la acción del peróxido quedaran residuos de la bacteria liberándose al agua constantemente producto del desprendimiento del biofilm. Aunque el cloro libre en el agua era por encima de 0,6 mg/l y el pH era menor a 7 (lo cual estimula la acción bactericida del cloro), se siguen

presentando coliformes fecales que pueden haber quedado en los residuos de la matriz y al estar protegidas por exopolímeros estos impiden la acción bactericida del cloro.

2.4 Costos del programa de limpieza y desinfección.

Para efectuar el programa de limpieza y desinfección se requieren los siguientes productos:

- ✓ Peróxido de hidrógeno al 30% estabilizado: dilución 0,03/L
- ✓ Tinte vegetal: dilución 0,65 cc/L
- ✓ Ácido acético al 90%: dilución 0,5 cc/L
- ✓ Cloro (pastilla de hipoclorito de calcio): 0,006 g/L

En el Cuadro 17 se desglosan los costos por metro lineal. La cantidad de producto está determinada según el volumen total de la solución y lo recomendado por los proveedores. Las tuberías de las granjas muestreadas tienen un diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada es decir 19,05 mm. El volumen se determina $(3,1416 * \text{radio a la } 2^{\text{a}} \text{ metro lineal})/1000$ multiplicado por 2,5. El resultado de la fórmula del volumen total de la solución desinfectante, se muestra a continuación:

$$\text{Volumen solución} = \frac{3,1416 * ((19,05/2)^2) * 1}{1000} * 2,5 = 0,713 \text{ litros}$$

Cuadro 17. Desglose del costo por metro lineal de los productos del programa de calidad de agua.

Producto	Precio (C)	Unidad	Cantidad producto por metro lineal	Costo por metro lineal
Peróxido de hidrógeno	511,19	L	0,021	10,93
Tinte vegetal	13,13	ml	0,463	6,08
Cloro (pastilla)	2,32	g	0,004	0,01
Ácido acético	0,99	ml	0,356	0,35
Total colones	-	-	-	17,37
Total dólares ¹	-	-	-	\$0,03

¹Tipo de cambio del dólar BCCR diciembre 2015 544,02.

2.5 Programa de limpieza y desinfección establecido

El programa establecido para las granjas inicia con un diagnóstico, similar a los datos obtenidos en el proyecto, para ello se genera un registro que se puede observar en el Anexo 4, donde se divide el diagnóstico en:

- Identificación de la fuente de agua
- Identificación de fuentes secundarias de emergencia
- Aditivos que se aplican en el agua
- Ácidos y Desinfectantes en el agua
- Identificación y descripción de la estructura del sistema hídrico.
- Puntos críticos de contaminación
- Análisis químicos y microbiológicos de laboratorio

Para la limpieza y desinfección de las granjas se divide el programa en 3 partes, la limpieza anual, limpieza entre partidas y limpieza diaria, en el Anexo 6, se muestra en detalle el programa establecido y entregado a los productores de las granjas de la empresa. El programa incluye los siguientes puntos en cada parte:

Limpieza anual

- Desinfección del pozo mediante choque de cloración.
- Limpieza con detergente y desinfección con cloro del tanque principal.
- Eliminación del biofilm con peróxido de hidrógeno.
- Acidificación y cloración para reducción de sedimentación de minerales.

Limpieza entre partida

- Limpieza con detergente y desinfección con cloro de los tanques medicadores.
- Acidificación y cloración para reducción de sedimentación de minerales.

Limpieza diaria

- Usar cloro como sanitizante diario.
- Control del pH con ácido acético.

Además, se desarrolló un registro de control para los supervisores que se puede observar en el Anexo 5, donde se lleva un seguimiento de las condiciones físicas del agua y la efectividad de la limpieza diaria, que consiste en:

- Revisión de los reportes productivos para identificar problemas de producción.
- Identificar bacteria persistente.
- Revisión de las condiciones del tanque principal (olor, color, aspecto higiénico, temperatura del agua, potencial oxidación-reducción, cloro en ppm y pH)
- Revisión de las condiciones de los tanques individuales de al menos 3 galeras (olor, color, aspecto higiénico, temperatura del agua, potencial oxidación-reducción, cloro en ppm y pH).
- Revisión de las condiciones del agua a la salida de una línea de cada galera (olor, color, sabor, aspecto higiénico, temperatura del agua, potencial oxidación-reducción, cloro en ppm y pH).
- Medición de la presión (ml/min) del agua en dos líneas de una galera.
- Tabulación de los resultados y recomendaciones

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

OBJETIVO 1. Uso de ácidos orgánicos durante el ayuno pre-faenado

Conclusiones

- En los seis ensayos evaluados, la diferencia en la pérdida de peso entre las aves que consumieron ácidos orgánicos y los animales sin tratamiento alcanzo en promedio una disminución de la merma de 17,43g (0,84%). No se presenta una interacción significativa del sexo sobre el tratamiento en los ensayos.
- El mayor efecto de los ácidos orgánicos se presenta al momento del transporte de las aves, donde el estrés es mayor. Durante el transporte la diferencia en merma promedio fue de 13,83g (0,69%) favorable para los animales expuestos al tratamiento.
- La diferencia en merma implica un mayor ingreso de peso vivo a la planta de cosecha, esto implica un ahorro en el costo fijo por kilogramo (incluyendo el costo de la utilización del producto), al reducir las pérdidas por ayunos prolongados y estrés al transporte.

Recomendaciones

- Se recomienda en siguientes evaluaciones de ácidos orgánicos llevar un seguimiento del consumo y pH del agua entre galeras, así como del efecto en el pH del tracto gastrointestinal de las aves.
- En próximas investigaciones se recomienda determinar mediante metodologías estadísticamente representativas, los efectos de la utilización de los ácidos orgánicos en el rendimiento en canal y la capacidad de absorción de agua de las carcasas en el chiller (enfriador industrial).
- Para garantizar un mayor consumo del producto y el aprovechamiento de los ácidos orgánicos se puede iniciar con la aplicación del producto antes del inicio del ayuno, incluso dos horas antes del ayuno

OBJETIVO 2. Condiciones del agua en granja y el programa de limpieza

Conclusiones

- Las condiciones iniciales de la calidad del agua en las dos granjas muestreadas de la empresa, muestran condiciones aceptables en los niveles de minerales a excepción de los nitratos en la granja A.
- Las condiciones microbiológicas iniciales de las granjas muestran deficiencias en el proceso de desinfección con cloro. Los niveles de coliformes fecales y presencia de *Escherichia coli*, demuestran ineficiencias del programa de cloración.
- El tratamiento puesto a prueba en el estudio reflejó pocos efectos en los niveles de minerales, pero si mejoró la calidad microbiológica.
- Se determina que a finales de la época lluviosa los riesgos en la degradación de la calidad del agua aumenta en cada región, principalmente para las granjas con fuentes de aguas superficiales y pozos.
- La determinación de un programa anual permite reducir las cargas en el sistema, pero los tratamientos entre partidas y diario, así como el control por parte de supervisores capacitados, permite garantizar agua de calidad que no afecte la producción de las aves.

Recomendaciones

- Para la determinación de biofilm, se recomienda el muestreo por arrastre con esponja, y la realización de un análisis de conteos totales de bacterias.
- En futuras aplicaciones del programa se recomienda llevar el seguimiento del comportamiento productivo de las parvadas, para determinar los efectos de la calidad del agua sobre las aves, trabajando con los mismos lotes y edades entre galeras.
- Para el tratamiento de reducción de nitratos en las granjas que presenten altos niveles (> 25 mg/l), se debe realizar un tratamiento especial, se recomienda el intercambio iónico, pero se requiere de equipo específico para realizarlo.

LITERATURA CITADA

- ABBAS T., ELZUBEIR E., ARABBI O. 2008. Drinking Water Quality and its Effects on Broiler Chicks Performance During Winter Season. *International Journal of Poultry Science* 7 (5): 433-436.
- AÇIKGÖZ Z., BAYRAKTAR H., ALTAN Ö. 2011. Effects of Formic Acid Administration in the Drinking Water on Performance, Intestinal Microflora and Carcass Contamination in Male Broilers under High Ambient Temperature. *Journal of Animal Science*. 24 (1): 96 – 102.
- ALZAWQARI M., KERMANSHAHI H., MOGHADDAM H., TAWASSOLI M., GILANI A. 2013. Impact of feed withdrawal and addition of acetic acid in drinking water during preslaughter phase on intestinal microbiota of broilers. *African Journal of Biotechnology*. 12(10):1164-1167.
- AMAGUÑA W. 2012. Uso de acidificantes en la producción de pollos broilers. Trabajo de graduación para optar al grado de Licenciatura en Zootecnia Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 47p.
- ANGEL R., WOO S., LI W., JIMENEZ-MORENO E. 2013. Velocidad de paso y pH intestinal en aves: implicaciones para la digestión y el uso de enzimas. XXIX Congreso de especialización FEDNA. Madrid, España. 14p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION., AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION., WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed. Rice E., Baird R., Eaton A., Clesceri L. American Public Health Association. 21st Edition. Washington D.C. Estados Unidos. 544p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION., AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION., WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed. Rice E., Baird R., Eaton A., Clesceri L. American Public Health Association. 22nd Edition. Washington D.C. Estados Unidos. 547p.

- AQUILLA R. ASTORGA Y., JIMÉNEZ F. 2006. Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*. 48: 81-92.
- ARBOR ACRES. 2009. Guía de manejo del pollo de engorde. Aviagen. Estados Unidos.
- AVILA L., NASCIMENTO V., CANAL C., SALLE C., MORAES H. 2003. Effect of Acidified Drinking Water on the Recovery of Salmonella enteritidis from Broiler Crops. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola*. 5 (3): 183-188.
- BARTRAM J., CORRALES L., DAVISON A., DRURY D., GORDON B., HOWARD G., RINEHOLD A., STEVENS M. 2009. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 116p.
- BARTON T. 1996. Relevance of water quality to broiler and turkey performance. *Poultry Science* 75: 854-856.
- BASTIDAS M., CAMACHO S., CASTILLETI J., MILANO L., NAVAS Y., YANES V. 2015. Correlación entre calidad del pollito de un día y mortalidad de la primera semana. Consultado 18 de julio del 2015. Obtenido de <http://www.elsitioavicola.com/articles/2856/correlacion-entra-calidad-del-pollito-de-un-dia-y-mortalidad-de-la-primera-semana/>
- BELLOSTAS A. 2009. Calidad del agua y su higienización: Efectos sobre la sanidad y productividad de las aves. XLVI Simposium Científico de Avicultura. Zaragoza. 22p.
- BLAKE J. 2001. Evaluating water quality for poultry. Alabama Cooperative Extension System. 12 (1): 1-4.
- BYRD J, HARGIS B, CALDWELL D, BAILEY R, HERRON K, MCREYNOLDS J, BREWERS R, ANDERSON R, BISCHOFF K, KUBENA L. 2001. Effect of lactic acid administration in the drinking water during pre slaughter feed withdrawal on Salmonella and Campylobacter contamination of broilers. *Poultry Science*. 80:278-283.
- CENTRALAMERICADATA. 2015. Carne de pollo en Centroamérica. CentralAmericaData.com. Consultado el 7 de mayo del 2015. http://www.centralamericadata.com/es/static/estudio_de_carne_de_pollo_en_centroa

[merica?utm_source=Cadata&utm_medium=Banner&utm_content=C&utm_campaign=Estudio%20de%20Pollo](#)

C.R Decretos. 2015. Decreto Ejecutivo 38924-S: Reglamento de calidad del agua potable. La Gaceta. 179 (79): 3-49.

COBB-VANTRESS. 2013. Desarrollo óptimo del pollo de engorde. United States. 44p.

COBB-VANTRESS. 2013b. Guía de Manejo de Pollo de Engorde. United States. 73p.

CUADROS C. 2006. Evaluación de la merma de pollo de engorde durante el transporte de la granja hasta el inicio del proceso de beneficio para Coopvencedor. Trabajo de graduación para optar al título de Zootecnista. Universidad La Salle. Bogotá. 63p.

DÍAZ D. 2003. Indicadores de contaminación fecal en aguas. En: Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. México. 6p.

DIBNER J., BUTTIN P. 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. Journal of Applied Poultry Research.11:453–463.

DUKE. 2012. Alimentary Canal: Anatomy, regulation of feeding and motility. En: Avian Physiology. Ed. Sturkie P. Springer Science & Business Media. 269- 284.

EFSA (European Food Safety Authority). 2014. Scientific Opinion on the safety and efficacy of tannic acid when used as feed flavouring for all animal species. EFSA journal 12 (10): 3828- 3846.

FAIRCHILD B. 2015. Manejo de bebederos en granjas de pollos. El Sitio Avícola. Consultada el 2 de julio del 2015. <http://www.elsitioavicola.com/articles/2693/manejo-de-bebederos-en-granjas-de-pollos/>

FAJARDO J. 2014. Determinación del rendimiento en canal (%) y rendimiento por pieza (%) en pollos de engorde de la línea cobb, según sexo y diferentes pesos al momento del faenado en un proceso no tecnificado. Proyecto de graduación para optar al grado de Licenciatura en Zootecnia. Universidad San Carlos de Guatemala. 56p.

FERNÁNDEZ E. 2014. Empresas avícolas apuestan por la modernización de procesos. El Financiero. Consultado el 7 de mayo del 2015. http://www.elfinancierocr.com/negocios/Walmart-Cargill_y_Dipcmi-sector_avicola-pollo-huevos-Canavi_0_557344284.html

FERNÁNDEZ J., LESTER JUNIOR J., OLIVIERA B., LIMA E., PROKOSKI K., RORIG A. 2014. Avaliação do efeito de ácidos orgânicos via água de bebida durante o manejo pré-abate sobre a microbiota do Inglúvio, ingestão de água e perda de peso de frangos de corte. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR. 17 (1): 31-36.

FREITAG M. 2007. Organic acids and salts promote performance and health in animal husbandry. In: Acidifiers in Animal Nutrition-A Guide for Feed Preservation and Acidification to Promote Animal Performance. Ed. Lückstädt C. Nottingham University Press. 1-11.

GALIB A., AQEEL M. 2009. Comparative Study Between Single Organic Acid Effect and Synergistic Organic Acid Effect on Broiler Performance. Pakistan Journal of Nutrition 8 (6): 896-899.

GHAZALAH A., ATTA A., KOUT E., MOUSTAFA M., SHATA R. 2011. Effect of Dietary Supplementation of organic Acids on Performance, Nutrients Digestibility and Health of Broiler Chicks. International Journal of Poultry Science. 10 (3): 176-184.

GONZÁLES S., ICOCHEA E., REYNA P., GUZMÁN J., CAZORLA F., LÚCAR J., CARCELÉN F., SAN MARTIN V. 2013. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. Revista Investigación Veterinaria. 24 (1): 32-37.

HASSAN H., MOHAMED M., YOUSSEF A., HASSAN E. 2010. Effect of using organic acids to substitute antibiotic growth promoters on performance and intestinal microflora of broilers. Asian-Australasian Journal Animal Science. 23 (10): 1348 – 1353.

HERNÁNDEZ L. 2013. Formación de las biopelículas en redes de agua de bebida. Sirivis: Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos. 1: 1- 8.

JARAMILLO A. 2011. Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde. Trabajo de grado

presentado para optar al título de Magíster en Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 225p.

JARQUIN R., NAVA G., WOLFENDEN A., DONOGHUE A., HANNING I., HIGGINS S., HARGIS B. 2007. The evaluation of organic acids and probiotic cultures to reduce Salmonella enteritidis horizontal transmission and crop infection in broiler chickens. International Journal of Poultry Science. 6:182-186.

KARE M., MANSON J. 2012. The Chemical Senses in Birds. Cuarta edición. Ed. Sturkie P. Springer Science & Business Media. 59-67.

KHAN S., Sultan A., Muhammad A., Imtiaz N., Mobashar M., Khan H., Saleem M., Mohammad Inam M., Rafiullah. 2013. Lower Ileal Microflora and Growth Performance of Broilers Supplemented with Organic Acid Blend (Aciflex®) During Starter Phase. Greener Journal of Agricultural Sciences. 3 (12): 794-800.

KIRKPATRICK K., FLEMMING E. 2008. Calidad del agua. Ross-Tech. 12p.

LAPPIN-SCOTT H., COSTERTON J. 2003. Microbial Biofilms. Cambridge University Press. 328p.

LIGHTFOOT N., MAIER F. 1998. Microbiological analysis of food and water: guidelines for quality assurance. Elsevier Science B.V. 466p.

LÜCKSTÄDT C., KÜHLMANN K. 2013. Use of drinking water acidification to enhance poultry performance in rural Thailand. Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development Organised by the University of Hohenheim. Alemania. 4p.

MAHECHA L. 2006. Complejos acidificantes multiácidos en nutrición de porcino joven. Trabajo de graduación para optar al título de Zootecnista. Universidad de La Salle. Bogotá. 149 p.

MATIZ D., GUTIÉRREZ J. 2007. Evaluación de la calidad del agua (microbiológica y fisicoquímica) en pollos de engorde con el uso del peróxido y cloro. Trabajo de graduación para optar al grado de Licenciatura en Zootecnia. Universidad de La Salle. Bogotá. 110p.

- MARIELLI K., TROIAN D. 2011. Uso de ácidos orgánicos na água de bebida como redutor da perda de peso em frangos de corte desde o jejum pré-abate. Vetanco. Consultada el 11 de febrero 2016. Obtenido de <http://www.vetanco.com/br/wp-content/uploads/sites/7/2011/12/Uso-de-acidos-organicos-na-agua-de-bebida-como-redutor-da-perda-de-peso-em-frangos-de-corte-desde-o-jejum-pre-abate.pdf>
- MARIN-FLAMMAD E., VÁSQUEZ-DURÁN A., MÉNDEZ-ALBORES A. 2014. Effect of Organic Acid Blends in Drinking Water on Growth Performance, Blood Constituents and Immune Response of Broiler Chickens. Journal of Poultry Science 51 (2):144-150.
- MERINO D. 2004. Criterios de interpretación de la calidad agronómica de las aguas de riego. Laboratorio Agrario de Diputación Foral de Gipuzkoa. España. 3p.
- MENCONI A., KUTTAPPAN V., HERNANDEZ-VELASCO X., URBANO T., MATTÉ F., LAYTON S., KALLAPURA G., LATORRE J., MORALES B., PRADO O., VICENTE J., BARTON J., ANDREATTI R., LOVATO M., HARGIS B., TELLEZ G. 2014. Evaluation of a commercially available organic acid product on body weight loss, carcass yield, and meat quality during preslaughter feed withdrawal in broiler chickens: A poultry welfare and economic perspective. Poultry Science 93 :448–455
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2005. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción Avícola. Costa Rica. 29p.
- MINAET (MINISTERIO DE AMBIENTE, ENERGIA Y TECNOLOGIA). 2012. Tribunal Ambiental paraliza zona franca en Alajuela por contaminación de río Siquiaraes. Tribunal Ambiental Administrativo. 2p.
- MORA D., FONSECA O., PORTUGUEZ C. 2004. Usos de la tierra y calidad sanitaria de las aguas en la cuenca del río Barranca 2003. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 18p.
- MONLEÓN R. 2012. Manejo pre-faena en pollos. Aviagen Brief. Consultado 5 enero 2016. Obtenido de http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/3911_aviagenbrief.pdf
- MONTESDEOCA. 2012. Determinación de cloro residual y cloro total. INDU-QUIM GONVEG CÍA. LTDA. 5p.

- MONTIEL A. 2000. La desinfección del agua. Organización Panamericana de la Salud y la oficina regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud. Estados Unidos. 15p.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2006. Guías para la calidad del agua potable: incluye el primer apéndice. Tercera edición. OMS. 408p.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2011. Manual sobre planes de seguridad del agua para sistemas comunales de agua. Divulgación Costa Rica. 91p.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2012. Limpieza y desinfección de pozos perforados. Notas técnicas sobre agua, saneamiento e higiene en emergencias. 4p.
- ORLIC D., KAPETANOV M., POTKONJAK D., STOJANOVIĆ D. 2007. The influence of feed withdrawal and transportation on weight loss, mortality rate and carcass quality in broiler chickens at slaughter. *Lucrări Stiințifice Medicină Veterinară*. 90: 512-516.
- PENZ A. 2003. Importância da água na produção de frangos de corte. Iv Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Brasil. 20 p.
- PÉREZ J., ESPIGARES M. 1995. Desinfección del agua: cloración. Estudio sanitario del agua. Universidad de Granada. 18p.
- PHILIPSEN P. 2006. Acidifying drinking water supports performance. *World Poultry* 22:20-21.
- PHOPRASIT P., BUNCHASAK C., RAKANGTHONG C., POEIKHAMPHA T. 2014. Effects of Adding Vitamins and Organic Acids into the Drinking Water on Growth Performance, Carcass Yield and Meat Quality of Broilers Raised Under Tropical Condition. *Journal of Applied Sciences*. 14: 3493-3499.
- POJOTA S. 2011. Evaluación de acidificante orgánico en la crianza de pollos broiler en la provincia de Pichincha. Trabajo de graduación para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador. 112 p.
- QUILES A., HEVIA M. 2001. Bebederos en el engorde de pollos de carne. Editorial Agrícola Española. *Revista Ganadería*. 3:26-28.
- QUILUMBA C., QUIJIA E., GERNAT A., MURILLO G., GRIMES J. 2015. Evaluation of different water flow rates of nipple drinkers on broiler productivity. *The Journal of Applied Poultry Research*. 24 (1): 58-65.

- REDONDO L., CHACANA P., DOMINGUEZ J., FERNANDEZ M. 2014. Perspectives in the use of tannins as alternative to antimicrobial growth promoter factors in poultry. *Frontiers in Microbiology*. 5 (118): 1-7.
- RICAURTE S. 2005. Problemas del pollo de engorde antes y después del beneficio (pollo en canal). *Revista electrónica de veterinaria*. Consultada 28 enero 2016. Obtenido de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060605/060517.pdf>
- RODRÍGUEZ P. 2013. Práctica Laboral y Profesional en las Granjas Avícolas CALLE JARA y PINAR ubicadas en Pérez Zeledón. Práctica presentada para optar por el título en el grado académico de Bachiller en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 73p.
- RUEDA J., MARTÍNEZ A., CALVO D. 2013. Efecto del desprendimiento de las biopelículas formadas en una red de acueducto sobre la calidad del agua. *Revista de Ingeniería*. Universidad de los Andes: 6 – 11.
- SCANTLING M., WATKINS S. 2013. Identify Poultry Water System Contamination Challenges. University of Arkansas System. *Agriculture and Natural Resources*: 1-4.
- SENASA. 2013. Toma, manipulación y transporte de muestras oficiales para productos de origen avícola. DIPOA-PG-15. Equipo técnico DIPOA. 28p.
- SILVA T. 2008. Buenas Prácticas de Laboratorio (GLP) en el Control de Calidad de Aguas. Proyecto de graduación para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 150p.
- SUSLOW T. 2002. Introducción al potencial de óxido-reducción como la norma para dar seguimiento a la desinfección postcosecha de agua. Universidad de California. 3p.
- TABLER T., WELLS J., ZHAI W. 2012. Water-Related Factors in Broiler Production. Extension Service of Mississippi State University. 2742: 1-4.
- TABLER T., WELLS J., ZHAI W. 2013. Water Quality Critical to Broiler Performance. Extension Service of Mississippi State University. 2754: 1-4.
- TABLER T., FARNELL M., WELLS J. 2014. Poultry water line sanitation. Extension Service of Mississippi State University. 2839: 1-4.

- URBANO T. 2013. Manejo Pré- Abate: “Como minimizar os efeitos negativos desse manejo”. Aveworld®. Brasil. Consultado 6 Marzo 2016. Obtenido de <http://www.aveworld.com.br/noticia/manejo-pre-abate-como-minimizar-os-efeitos-negativos-desse-manejo>
- VAN IMMERSEEL F., RUSSELL J., FLYTHE M., GANTOIS I., TIMBERMONT L., PASMANS F., HAESBROUCK F., DUCATELLE R. 2006. The use of organic acids to combat Salmonella in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. Avian Pathology 35(3): 182 – 188.
- WATT GLOBAL MEDIA. 2015. Costa Rica: Pollo y huevo dedicados básicamente al consumo interno. Consultado 5 de Mayo 2015. Obtenido de http://www.wattagnet.com/Costa_Rica_Pollo_y_huevo_dedicados_b%C3%A1sicamente_al_consumo_interno.html
- WATKINS S. 2013a. Interpreting Your Water Analysis. Water Quality Laboratory, University of Arkansas. 5p.
- WATKINS S. 2013b. Technical summary poultry water ph control. Zoetis Inc. 2p.
- WATKINS S. 2015. Clean Water Lines to Optimize Flock Health. University of Arkansas. Center of Excellence for Poultry Science. 5p.
- WATKINS S, CORNELISON J, TILLERY C, WILSON M. 2004. Effects of water acidification on broiler performance. Avian Advice 6:4-6.
- WATKINS S., SCANTLING M. 2011. Water Line Cleaning: Over-rated or Under-appreciated? Watt Poultry USA. 12 (1): 36-40.
- WOLFENDEN A., PIXLEY C., VICENTE J., AVIÑA L., HARGISAND B., TELLEZ G. 2007. Effect of an Organic Acid Product During Feed Withdrawal on Broiler Mortality, Shrinkage and Carcass Condemnation Following Transport to Processing. International Journal of Poultry Science. 6 (7): 497-500
- WRIGHT C. 2010. División Industrial Pecuaria- Corporación Multi Inversiones (DIP-CMI) .Revista Industria Avícola. 57 (6): 1-44
- ZIMMERMAN N., DHILLON A., BARTON T., ANDREWS L. 1993. Relationship of drinking water quality and broiler performance in Washington state. Poultry Science. 72: 66-76.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del producto de la combinación de ácidos orgánicos.

FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO

Producto: Perform Max Optimizer II
Fórmula: Ácidos orgánicos y complejos aminoácido-metal
Destino: Aves



PERFORM MAX OPTIMIZER II

Aditivo para aves – Acidificante.

COMPOSICION:

Ácido acético	6,80	g
Ácido láctico	6,80	g
Ácido propiónico	5,60	g
Ácido tánico	3,87	g
Ácido caprílico	0,075	g
Zn (como complejo aminoácido-metal)	0,000008	g
Cu (como complejo aminoácido-metal)	0,000016	g
Azul brillante	0,0025	g
Agua csp	100	ml

INDICACIONES DE USO:

Acidificante del agua de bebida según las indicaciones y objetivos del profesional asesor.
Disminuye las pérdidas de agua por deshidratación previo a la faena.
Ayuda a disminuir la carga bacteriana del buche.

DOSIFICACION:

1 litro cada 1000 litros de agua de bebida.

RESTRICCIONES DE USO:

Usándolo en las especies indicadas y a las dosificaciones dadas, no posee.

PRODUCTO PARA USO EXCLUSIVO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

PRECAUCIONES:

Mantener fuera del alcance de los niños. Evitar inhalar los vapores. Evitar el contacto directo con la piel y los ojos. Para manipular el producto utilizar, vestimenta protectora, guantes, y protectores oculares. No comer ni fumar durante su manipulación.

CONSERVACION:

Conservar el producto entre 5 y 30° C, en un lugar limpio y seco y en su embalaje original.

Presentaciones:



SENASA Producto inscripto en SENASA N°: 10-228/A

Establecimiento Elaborador Habilitado N° 9200/A/E

Manufactured under exclusive license from the University of Arkansas

VETANCO S.A. - Chile 33 (B1603CMA) Vicente López - Buenos Aires - Argentina. TEL:
(54-11) 4709-3330 / FAX: (54-11) 4709-7222.
E-mail: infovet@vetanco.com

Anexo 2. Diagrama y croquis del sistema hídrico de la granja A.

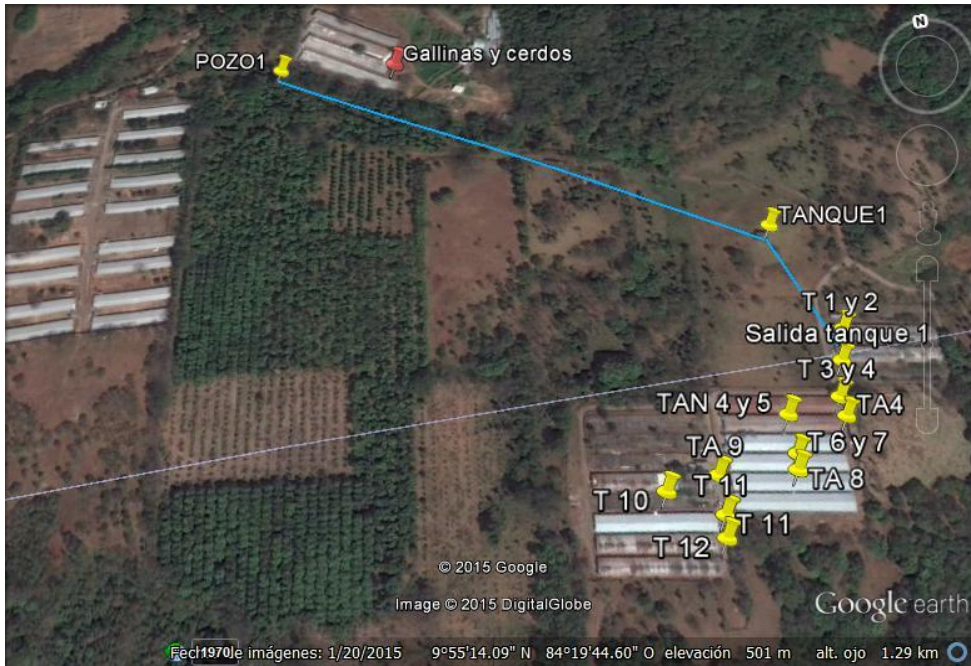


Figura 4. Diagrama de la ubicación de la fuente y los tanques de la Granja Don José.

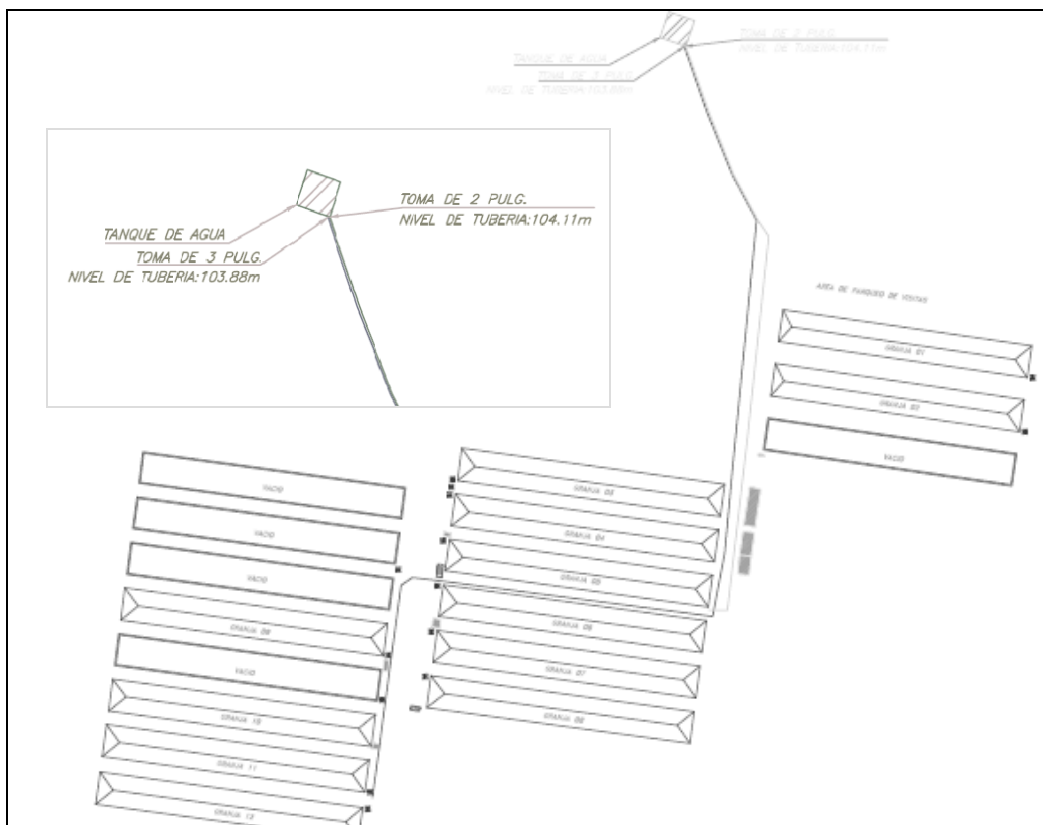


Figura 5. Croquis de las tuberías de la granja Don José.

Anexo 3. Diagrama y croquis del sistema hídrico de la granja B.



Figura 6. Diagrama de la ubicación de la fuente y los tanques de la Granja Las Niñas.

A continuación se presenta un esquema de las tuberías que se encuentran en la granja.

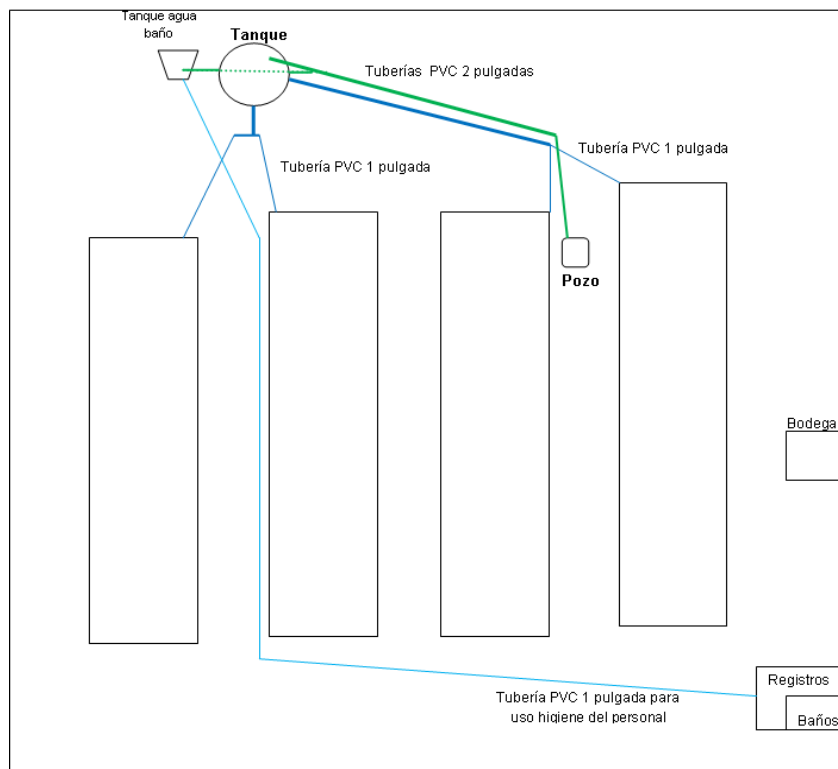


Figura 7. Esquema de distribución y materiales de las tuberías de Granja Las Niñas.

Anexo 4. Diagnóstico anual de calidad de agua.

DIAGNÓSTICO ANUAL DE CALIDAD DE AGUA EN GRANJA

Granja: _____

Fecha diagnóstico: _____

Número de galeras: _____

Densidad de aves: _____

1. Tipo de fuente de agua principal

Pozo.* Manantial. Fuente superficial (ríos). Municipal. Otro, _____

2. Cuenta con una fuente de agua secundaria o de emergencia: Sí____, No____. Si marcó Sí, especifique donde: _____ y que tipo _____.

***Chequeo del Pozo**

- Ubicación del pozo: _____
- Es un pozo perforado: Sí____, No____ (Si **No**, qué tipo de construcción es _____)
- Profundidad del pozo: _____
- Año en que se creó el pozo: _____
- Año en que se realizaron últimos cambios de tubería y/o bomba: _____

Inspección del diseño y mantenimiento	Sí	No
Se encuentra encerrado o con acceso restringido		
Se forma una pendiente alrededor de cabeza del pozo que evite el drenaje o escorrentía		
Se observan grietas en la superficie cercana a la cabeza del pozo		
Posee una tapa en la cabeza del pozo en buen estado		
Hay erosión alrededor de la tapa		
Hay presencia de corrosión en el equipo, tuberías o instalaciones		

3. ¿Qué aditivos se agregan al agua en la granja?

Nombre	Cuánto (dilución)	Cuándo (frecuencia de uso)

4. Uso de ácidos y/o desinfectantes en el agua

Nombre	Cuánto (dilución)	Cuándo (frecuencia de uso)

5. Estructura del sistema hídrico

- Solicite un diagrama o plano de la estructura del sistema hídrico. Si no se encuentra debe ser elaborado. Debe entregar una copia adjunta al reporte.
- Marque en el diagrama los materiales utilizados para cada tubería o conexión de la fuente de agua a las galeras.
- Solicite última fecha en la que se realizaron cambios en las tuberías del sistema hídrico. Indique a continuación la ubicación y fecha en que se realizaron los cambios.

Ubicación	Fecha	Material Nuevo Instalado

6. Indique los posibles riesgos de contaminación del sistema de aguas (Puntos Críticos).

Marque según la frecuencia en que se presentan las siguientes situaciones, siendo **0 (Nulo)** cuando no se presentan, **1 (Bajo)** cuando ocurren menos de 5 veces al año, **2 (Medio)** cuando ocurren entre 5 a 10 veces al año y **3 (Alto)** cuando ocurre más de 10 veces al año.

Descripción de posibles riesgos de contaminación	0 (Nulo)	1 (Bajo)	2 (Medio)	3 (Alto)
Inundaciones en las instalaciones de la granja y/o cercano a la fuente de agua				
Se encuentran formaciones de algas en la fuente de agua, tanque principal y/o tanques medicadores.				
Se encuentran animales como ganado, perros u otras especies con acceso a la fuente de agua.				
Se encuentran otras instalaciones pecuarias a menos de dos kilómetros de la fuente de agua.				
Se encuentran cultivos donde utilicen químicos, herbicidas o plaguicidas a menos de dos kilómetros de la fuente de agua.				
La fuente de agua se comparte con otras empresas, instalaciones o personas.				
Se encuentran averías en tuberías y/o tanques.				
El pozo, tanques principal y secundarios NO poseen tapa.				
Se ha reportado vandalismo en las instalaciones o en la fuente de agua.				

7. Solicite informes de resultados de laboratorio, químicos y microbiológicos del agua.

- Cuentan con informes de muestreo de aguas: Sí _____, No _____
- Recomienda muestreo del agua: Sí _____, No _____ ¿En qué puntos recomienda hacer un muestreo de agua? _____
- Recomienda hacer muestreo para análisis de:
Coliformes totales y fecales _____, Conductividad _____, Turbidez _____, Total de Sólidos disueltos _____, Minerales _____, especifique cuales: _____.

Anexo 5. Chequeo entre partidas de la calidad de agua.

Chequeo entre Partidas de Calidad de Agua

Granja: _____

Fecha diagnóstico: _____

Número de galeras: _____

Densidad de aves: _____

1. Solicitar reportes de indicadores productivos por galera y promedio de la granja.

- ✓ Consumo de agua
 - ✓ Consumo de alimento
 - ✓ Ganancia de peso
 - ✓ Peso Final
 - ✓ Conversión Alimenticia
 - ✓ Mortalidad
- Hay problemas de desempeño Sí _____, No _____. Si marcó Sí, especifique en cual o cuales galeras y cuales problemas identificó:

2. Existe persistencia de alguna enfermedad o bacteria detectada:

Sí No; ¿Cuál? _____

3. Revise las condiciones del tanque principal

- a. **Color del agua:** Transparente (sin color) _____. Rojizo _____. Residuos Negros _____. Otro color, especifique _____.
- b. **Olor del agua:** Sin olor _____. Cloro _____. Huevo _____. Otro, especifique _____.
- c. **Aspecto higiénico,** se observa: Limpio _____. Sucio _____.
- d. **Medición del ORP:** _____.
- e. **Medición de cloro ppm:** _____ y pH: _____.
- f. **Medición de temperatura:** _____ °C.

4. Revisión de tanques de las galeras, seleccione al menos 3 tanques al azar.

Tanque Galera	Color*	Olor*	Medición ORP	Medición Cloro ppm	Medición pH	Temperatura °C

*Color: sin color, rojizo, residuos negros otro (especifique). Olor: sin olor, a cloro, huevo, otro (especifique).

Aspecto higiénico de los tanques en general, se observa: Limpio _____. Sucio_____.

5. Revisión de las galeras de los tanques seleccionados

- a. De las 3 galeras, seleccione al azar una línea de niples.
- b. Tome una muestra al final de la línea e indique las condiciones del agua.

Galera	Color	Olor	Sabor	ORP	Cloro ppm	pH	Temp. °C

*Color: sin color, rojizo, residuos negros otro (especifique). Olor: sin olor, a cloro, huevo, otro (especifique).

6. Medición de la presión (ml/min) del agua en las líneas

Seleccione una galera. Mida la presión en al menos dos líneas de la galera, al inicio, al medio y al final de cada línea. **Solicite el manual del equipo** para dar recomendaciones o ver “recomendación de caudal”. Recomendar revisar la presión de todas las galeras, con una presión mínima 50 ml/min.

N° Galera	N° Línea	Inicio (ml/min)	Medio (ml/min)	Final (ml/min)

Tabulación de resultados

Calcule los promedios de parámetros del punto 4 y 5. Seleccione Sí o No, en aceptable.

Muestreo	ORP	Cloro ppm	pH	Temperatura °C	¿Aceptable?
Tanques					Sí ___ No___
Galeras					Sí ___ No___

Recomendación dada (marque con X):

- Para aumentar el ORP y disminuir el pH agregue **ácido** 0,5 ml/L o suba dosis a 1,0 ml/L.
- Revisar la dosificación de cloro y solicitar recomendaciones a proveedor para mantener 1-3ppm.
- Drenar el agua de las líneas para disminuir la temperatura del agua.
- Otra : _____

Parámetros Ideales	
ORP	650 - 750 mV
Cloro (ppm)	1 - 3 ppm
pH	5 - 7
Temperatura °C	17 – 20 °C. Máx. 24°C

Recomendación de Caudal	
Edad Aves (semana)	Presión (ml/min)
1	50
2	70-80
3-4	80-100
5-6	110-180

Anexo 6. Programa de limpieza y desinfección del sistema hídrico.

Agroindustrial Proave S.A.
Programa de Calidad de Agua
Limpieza y desinfección



PROGRAMA DE LIMPIEZA ANUAL

A) Limpieza del pozo:

1. Calcule el diámetro, profundidad y cantidad de agua del pozo. Ver Anexo 1.
2. Realice un choque con cloro, determine la cantidad de cloro para crear una solución de **200 mg/litro** o **0,2 cc/litro** en el pozo. Consulte a proveedor.
3. Disuelva el cloro necesario en un recipiente de plástico de 5 galones de agua. Use guantes, gafas y delantal protector. Mezcle en un lugar ventilado.
4. **Retire la bomba.** Vierta la solución lentamente. Recircule y mezcle el agua con una manguera conectada a un grifo cercano. (Consulte al instalador del pozo para el retiro adecuado de la bomba).
5. **Coloque la bomba.** Encienda 2 a 3 veces para hacer circular el agua clorada. Permita que el agua llegue a la próxima salida antes de las galerías. No deje que el agua llegue a las líneas de agua de las aves.
6. Revise en la salida más próxima de agua, que salga con olor fuerte a cloro. Cierre los grifos y permita que la solución clorada permanezca mínimo 2 a 3 horas (se recomienda 8 horas, en pozos taladrados y 12 a 24 horas en pozos perforados).
7. Después, retire el agua del pozo, realice el drenaje o purgado de las tuberías del sistema donde quedó la solución, debe retirar y garantizar que el agua clorada salga por completo del sistema.

B) Limpieza y desinfección del Tanque Principal:

B. 1. Limpieza del tanque

- a. Cierre la entrada de agua y vacíe el tanque. De ser posible ingrese al tanque para realizar la limpieza de las paredes.
- c. Utilice una mezcla de detergente (puede ser jabón casero) y agua para lavar las paredes del tanque, utilice un cepillo firme o un chorro de agua a alta presión, asegúrese de dejar la llave de salida abierta para recoger los desperdicios y expulsar de manera correcta.
- d. Enjuague las paredes para eliminar los restos de detergente, puede realizarlo con una manguera de alta presión, o puede llenar el tanque de agua y dejarlo un par de horas.
- e. Drene el agua hasta que no queden restos de detergente en el tanque.

B. 2. Desinfección del tanque

- a. Llénelo con agua limpia hasta la cuarta parte de su capacidad.
- b. Calcule el volumen total del tanque y la cantidad de cloro necesario para crear una solución de **200 mg/L** o **0,2 cc/L** en el total del tanque. Ver Anexo 1.
- c. Agregue la cantidad de cloro determinada en un recipiente de 5 galones de agua y vierta la solución al tanque.
- d. Llene el tanque y deje reposar la solución durante 24 horas.
- e. Drene el agua y vacíe por completo el tanque.

C) Limpieza en las galerías

C. 1. Eliminar el biofilm.

- a. Cuando salen las aves, realice el drenaje (flushing) de las líneas. Revise que todo el equipo está funcionando de manera correcta. Debe realizar el flushing con bastante presión y drenar las líneas al menos 2 veces por 10 minutos. Si el agua sale oscura o sucia al principio del drenaje, espere a que el agua comience a salir clara para poder continuar.
- b. Utilice una solución de peróxido de hidrógeno estabilizado, al 3%. Es decir 3 litros del producto con peróxido de hidrógeno por cada 100 litros de agua. Ver NOTA.
- c. **Agregue un tinte** a la solución. Es un indicador ya que la solución a estos niveles es tóxica para las aves. Puede utilizar tinte vegetal verde o azul oscuro, agregue 0,65 cc de tinte por cada litro de agua.
- d. Asegure que la solución llegue a los nipples con una escoba y quite el flushing del regulador para que la solución quede en éste.
- e. Deje el peróxido actuar por 3 a 4 días en las líneas.
- f. Luego, realice el drenaje de las líneas hasta que salga el agua sin tinte.

NOTA: Para la limpieza de las tuberías, en 30 metros de tubería de 20 mm de diámetro, se necesitan 30-38 litros de agua. Ver Anexo 1, para el cálculo de volumen agua. Por ejemplo: si la línea mide 100 metros y la galería tiene 4 líneas, tendrá 400 metros que requieren cerca de 450 litros de agua para limpiar las tuberías de la galería. Para crear la solución al 3%, necesitará 13,5 litros del producto de peróxido de hidrógeno.

C.2. Reducción de problemas de minerales

- Agregue ácido acético o cítrico al agua hasta que alcance un pH por debajo de 5. Inicie con una dosis de 0,5 cc de ácido por litro de agua, verifique el nivel de pH, si este no baja de 5, puede aumentar la dosis a 1 cc/L hasta que disminuya el pH.
- Deje el ácido actuar por 24 horas en el sistema.
- Luego realice un flushing del ácido de las líneas.
- Agregue cloro hasta alcanzar de 2-3 ppm, es decir de 0,2 a 0,3 cc por cada 100L de agua, según los niveles permisibles para consumo de las aves (consulte al proveedor de cloro).

Los problemas de niveles altos de minerales como calcio, magnesio, dureza total, hierro o manganeso y sulfato, se reducen al implementar la limpieza para reducción de minerales (acidificación y oxidación con cloro) en conjunto con una filtración (coloque una malla de 40-50 micras). En el caso de la dureza total también se pueden utilizar suavizantes o ablandadores, pero estos no se recomiendan cuando se tienen altos niveles de sodio en el agua.

Tratamiento recomendado en casos especiales

Contaminante	Tratamiento	Descripción
Nitratos (> 25 mg/l)	Osmosis inversa	Las moléculas de agua pasan por una membrana semipermeable, mediante presión que provoca que las moléculas fluyan en dirección inversa. Requiere equipo especial.

PROGRAMA DE LIMPIEZA ENTRE PARTIDAS

- Limpieza y desinfección de tanques individuales**
Realice el paso B (B.1. y B.2.) del programa anual, pero efectúe la limpieza en los tanques individuales o medicadores de las galeras, cuando se cuenta con estos.
- Limpieza en las galeras**
Realice el paso C.2. (Reducción de problemas de minerales) del programa anual, para las líneas de agua.

PROGRAMA DIARIO DE LIMPIEZA (CON AVES)

- Uso de sanitizantes diarios**
 - Utilice Cloro: debe trabajar a un pH de 5 a 7. Realice mediciones de ORP y cloro libre de 2 a 3 ppm.
 - Si el pH del agua se encuentra por encima de 7, agregue ácido acético para disminuir el pH.

* En caso de utilizar vacunas en el agua de bebida, debe pausar el uso del cloro, consulte al veterinario, porque el cloro inactiva algunos medicamentos. Puede reanudar la cloración al finalizar el tratamiento.

ANEXO 1

- Determinar el volumen del agua del pozo, según instrucciones de Organización Mundial de la Salud.

Método:

- Calcular el volumen del agua en el pozo con la fórmula:

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4}$$

donde

- V = volumen de agua en el pozo (m³)
- D = diámetro del pozo (m)
- h = profundidad del agua (m)
- π = 3,142

- Fórmula para el cálculo de la cantidad de cloro

$$\text{Producto (g)} = \frac{\text{Concentración deseada (ppm)} \times \text{Litros solución}}{\text{Concentración producto (\%)} \times 10.000}$$

Ejemplo: la cantidad, en gramos, de hipoclorito de calcio al 65% que se debe agregar a un tanque de 1.000 litros de agua para alcanzar una concentración de 3 ppm, sería:
Producto (g) = 3 ppm / (65 x 10.000) x 1000 litros del tanque = 0.0000046 x 1.000 litros = 0.0046 litros x 1.000 ml = 4.6 ml = 4,6 gramos = 5 g de hipoclorito de calcio para 1.000 litros.

- Fórmula para el cálculo del volumen de agua según la tubería de las galeras

$$\text{Volumen} = \pi * r^2 * L / 1000 * 2,5$$

Siendo π= 3,1416, r= al diámetro de la tubería entre 2 y L = la longitud de la tubería. Se multiplica por 2,5 para estimar un colchón que permita el drenaje hasta la salida, de la solución con peróxido.

Por ejemplo: Si se tiene en una galera con 100 metros de tubería por línea con un diámetro de 20mm y se encuentran 4 líneas en la galera el total se calcula:

$$\text{Volumen} = 3,1416 \times (20/2)^2 \times 100/1000 = 31,4 \text{ litros por línea}$$

$$31,4 \text{ litros} \times 4 \text{ líneas} = 125,66 \times 2,5 = 314,16 \text{ litros}$$

- Productos para la desinfección

Producto	Ingrediente (%)	Dilución	Observaciones
Hipoclorito de sodio	10 a 15 % de cloro	0,2 -0,4 cc/100L (diaria)	Se encuentra de manera líquida
Hipoclorito de calcio	65 a 70 % de cloro		En polvo o en tabletas
Peróxido de Hidrógeno	30% de peróxido de hidrógeno	3 % (3 L / 100 litros) (anual)	Que se encuentre estabilizado.
Virkon ® *Alternativa a peróxido	Sal triple 50 %, entre otros	0,5 % (1kg / 200 litro) (anual)	Usar en lugar de peróxido dejando el producto durante 2 días.