

UNIVERSIDAD EVANGÉLICA BOLIVIANA
FACULTAD DE AGROPECUARIA Y VETERINARIA
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



MODALIDAD DE GRADUACIÓN:
TESIS DE LICENCIATURA

TÍTULO:
EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN GRANJAS DE POLLOS DE
ENGORDE EN EL MUNICIPIO LA GUARDIA DEL DEPARTAMENTO DE
SANTA CRUZ, 2020

PREVIA OPCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIATURA EN MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA

POSTULANTE:
MARTHA VANIA BALTAZAR JUSTINIANO

TUTOR:
MVZ. MSc. RONALD FERRUFINO HOWARD
MVZ. MSc. ARIEL LOZA VEGA

SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA
2021

**UNIVERSIDAD EVANGELICA BOLIVIANA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**MODALIDAD GRADUACION
TESIS DE LICENCIATURA**

TITULO:

**EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN GRANJAS DE POLLOS DE
ENGORDE EN EL MUNICIPIO LA GUARDIA DEL DEPARTAMENTO DE
SANTA CRUZ, 2020**

**PREVIA OPCION DEL TITULO DE LICENCIATURA EN MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

POSTULANTE:

MARTHA VANIA BALTAZAR JUSTINIANO

TUTOR:

MVZ. MSc. RONALD FERRUFINO HOWARD

MVZ. MSc. ARIEL LOZA VEGA

SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA

2021

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis de licenciatura EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA EN GRANJAS DE POLLO DE ENGORDE EN EL MUNICIPIO LA GUARDIA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, 2020 realizada por MARTHA BALTAZAR JUSTINIANO, bajo la dirección del comité de investigación de Grado de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ha sido aceptado como requisito para optar el título de Licenciada en Medicina Veterinaria y Zootecnia, previa exposición y defensa del mismo.

COMITÉ DE TESIS

.....
MVZ. WILMAN GUZMAN MENDEZ
APAZA

.....
MVZ. MSc. ENRIQUE GONZALES

.....
MVZ. MSc. PATRICIA BRAVO VACA
JEFE DE CARRERA

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

2021

TRIBUNAL CALIFICADOR

La presente tesis de licenciatura EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA EN GRANJAS DE POLLO DE ENGORDE EN EL MUNICIPIO LA GUARDIA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, 2020. Realizada por MARTHA VANIA BALTAZAR JUSTINIANO, como requisito para optar el Título de Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia, ha sido aprobado por el siguiente tribunal:

.....
.....
.....
.....

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios quien ilumino mi espíritu para la conclusión de esta tesis, A mis padres Ivan Baltazar Santa Cruz y Rosmery Justiniano quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco primeramente a Dios por haberme guiado y ser un pilar en mi vida.
- A mi familia por haberme apoyado en cada paso que di durante mi carrera profesional.
- A la Dra. Patricia Bravo Vaca, Jefe de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia por haberme guiado durante mi formación profesional.
- A la Universidad Evangélica Boliviana, por haberme dado una sólida formación profesional.
- A mis tutores el Dr. Ronald Ferrufino Howard y el Dr. Ariel Loza Vega. Por haberme colaborado con su tiempo y su asesoramiento incondicional en la realización de este trabajo de investigación.
- A mis estimados miembros del tribunal, por haber corregido y revisado este presente trabajo.
- A mis compañeros de la universidad por su linda amistad todos estos años.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	I
TRIBUNAL CALIFICADOR.....	II
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE	III
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Planteamiento del problema.....	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivo Especifico.....	5
1.5. Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1.1. Agua potable	6
2.1.2. Control de la calidad del agua.....	6
2.1.3. Desinfección	6
2.1.4. Inspección sanitaria.....	6
2.1.5. Sistema de agua potable.....	7
2.1.6. Tanque de almacenamiento y/o regulación	7
2.2. Norma Boliviana 512: 2016 - Requisitos del Agua Potable	7
2.3. Variables que influyen en el consumo de agua en pollos.	8
2.3.1. Edad:	8
2.3.2. Sexo:	8
2.3.3. Temperatura medioambiental	9
2.3.4. Temperatura del agua.....	9
2.4. Funciones del agua	10
2.5. Parámetros de control mínimos – reglamentos de la norma boliviana 512	10

2.6.	Test físico-químicos	11
2.6.1.	Dureza del agua	12
2.6.2.	Acidez y alcalinidad del agua	12
2.6.3.	Nitratos y nitritos	13
2.6.4.	Sodio	13
2.6.5.	Cloro	14
2.6.6.	Sulfatos	14
2.6.7.	Magnesio.....	14
2.6.8.	Hierro	15
2.6.9.	Otros elementos	15
2.7.	Desinfección del agua	15
2.7.1.	Función de la desinfección del agua	15
2.7.2.	El cloro.....	16
2.7.2.1.	Hipoclorito de Sodio.....	17
2.7.2.2.	Tabletas de hipoclorito de calcio	17
2.8.	Enfermedades en parvadas producidas por mala calidad de agua	17
2.9.	Principales microorganismos transmitidos por el agua e indicadores microbiológicos de contaminación	20
2.10.	Aspectos veterinarios específicos de la calidad del agua de bebida	21
2.11.	Sistemas de Bebederos en pollo de engorde	22
2.11.1.	Bebederos campana o vaso (sistemas abiertos)	22
2.11.2.	Sistemas de niples (sistemas cerrados)	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	25
3.2.	Unidad de muestreo.....	25
3.3.	Tipo de estudio.....	26
3.4.	Variables de estudio	26
3.4.1.	pH.....	26
3.4.2.	Temperatura	26
3.5.	Presencia de coliformes.....	26
3.5.1.	Tamaño de muestra	26

3.6. Materiales de campo	28
3.7. Métodos.....	28
3.7.1. Método de campo.....	28
3.7.2. Método de laboratorio.....	29
3.7.3. Determinante de pH.....	29
3.7.4. Determinación de la Temperatura (T°).....	29
3.7.5. Método estadístico	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Análisis espacial de la calidad microbiológica del agua de bebida en granjas de pollos de engorda	30
4.2. Análisis cualitativo de la calidad del agua de bebida.....	31
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	40
VII. ANEXOS	46

INDICE DE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Delimitación municipal de La Guardia y su relación con municipios aledaños ..	25
Figura 2. Análisis de densidad Kernel de granjas de pollos con agua de bebida microbiológicamente contaminada	31

INDICE DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Porcentaje de agua en los organismos vivos.....	8
Tabla 2. Parámetros de control mínimos según la norma boliviana 512	11
Tabla 3. Principales enfermedades bacterianas de las aves transmitidas por el agua.....	18
Tabla 4. Principales enfermedades virales de las aves transmitidas por el agua	19
Tabla 5. Principales enfermedades parasitarias de las aves transmitidas por el agua.....	20

INDICE DE CUADRO

	Pág.
Cuadro 1. Tamaño de muestras para la evaluación de calidad del agua en granjas de pollo del municipio de La Guardia.....	27
Cuadro 2. Frecuencia de agua de bebida contaminada en granjas de pollos de engorde en el Municipio La Guardia del departamento de Santa Cruz	32
Cuadro 3. Frecuencia de agua de bebida no potable en granjas de pollos de engorde del Municipio La Guardia por zona.....	33
Cuadro 4. Niveles promedio de coliformes totales encontrados en agua de bebida de granjas de pollo por zona	34
Cuadro 5. Temperatura promedio en agua de bebida de granjas de pollo por zona	35
Cuadro 6. pH promedio en agua de bebida en granjas de pollo por zona	37
Cuadro 7. Análisis de variables asociadas a la contaminación de agua de bebida en granjas de pollo en el municipio La Guardia	38

Institución: Universidad Evangélica Boliviana
Carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia
Modalidad: Tesis de Licenciatura
Nombre: MARTHA VANIA BALTAZAR JUSTINIANO
Título: EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN GRANJAS DE POLLOS DE ENGORDE EN EL MUNICIPIO LA GUARDIA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, 2020, PERIODO 2020

RESUMEN

En Santa Cruz son pocas las granjas que llevan un control riguroso de la calidad del agua y prestan muy poco interés siendo que es un elemento de vital importancia en la sanidad animal. El objetivo de este trabajo fue determinar la potabilidad del agua de consumo en granjas avícolas desde el punto de vista bacteriológico además de un relevamiento en el municipio La Guardia, ubicado en la provincia de Andrés Ibáñez en el departamento de Santa Cruz. El presente estudio responde a un modelo descriptivo de cohorte transversal, en el cual se evaluó la potabilidad del agua de bebida en granjas. La representación del presente estudio estuvo apoyada por un muestreo aleatorio simple considerando un intervalo de confianza al 95%, efecto de diseño de 0,6 y una precisión de $\pm 5\%$. La asignación de los individuos a los diferentes estratos resultó en un total de 58 granjas de pollos comerciales, tamaño de muestra suficiente, asumiendo una prevalencia esperada de 50% por no contar con datos de prevalencia previa. Para evaluar la incidencia de granjas con agua potable versus no potable se utilizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson (X^2), basado en una probabilidad de $P < 0,05$ y un I.C. al 95%. Para la construcción del mapa de densidad Kernel de la potabilidad del agua en las granjas, se utilizó el software Arcgis en su módulo ArcMap versión 10.1. El análisis de densidad Kernel permite evidenciar que la contaminación de la fuente de agua en las granjas del mencionado municipio no comparte acuíferos contaminados en común, dado que se encontraron granjas con agua de bebida potable aledañas a granjas con agua de bebida no potable. Se puede observar que el 53.45% de las granjas evaluadas trabajan con agua de bebida no potable. Respecto a los niveles promedio de coliformes encontrados, se observó que 8 granjas distribuidas en 7 zonas, tiene niveles mayores a 130/UFC/100 ml, hecho que pone en evidencia que las enfermedades que pueden transmitirse a las aves a través del agua potable pueden tener su origen en la contaminación del agua por heces, secreciones de aves enfermas, malas prácticas de manejo en el almacenamiento, distribución y control de calidad del mismo o por la utilización de agua ya contaminada por organismos patógenos que se originan en otras especies animales y el hombre, Las enfermedades causadas por bacterias, virus y protozoos se encuentran entre las enfermedades más comunes en la industria avícola en la que el agua potable juega un papel importante como ser: *Mycoplasma gallisepticum*, *Colibacilosis*, *Cólera Aviar*, *Salmonella spp.* Y *Escherichia coli* respectivamente. La contaminación de la fuente de agua en granjas, no comparten acuíferos contaminados en común, dado que se encontraron granjas con agua de bebida potable aledañas a granjas con agua no potable. La evaluación de la calidad del agua de bebida mediante análisis microbiológico reportó una incidencia de 53.45 %, es decir (31/58) de granjas de agua no potable, en granjas de pollos de engorde del municipio de La Guardia.

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
2021

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el agua cumple un rol muy importante en la crianza avícola, ya que es un ingrediente biológico esencial para la vida. No sólo es un nutriente vital, sino que también forma parte de muchas funciones fisiológicas. El uso de agua de consumo con altas cualidades físicas, químicas y microbiológicas es de fundamental importancia en la producción animal porque muchos de ellos tienen acceso a la misma fuente de agua; y un problema en la calidad del agua afectaría a un gran número de animales. Esto es particularmente importante en la producción avícola, donde una sola fuente de agua abastece a miles de animales. Por tanto, las medidas de control deben ser consideradas prioritarias, a fin de prevenir la aparición de enfermedades que se propagan por el agua y ,que sin duda resultarían en grandes pérdidas económicas.

La composición del cuerpo del pollito de un día es de 85% de agua, y en aves adultas del 58 al 65 % (Penz, 2011). El huevo tiene un 65% de agua, lo que conlleva a concluir que el agua es uno de los elementos nutritivos más importantes en la producción avícola. Para cualquier actividad, metabólica o fisiológica en el cuerpo, el agua es importante ya que sirve como vehículo de nutrientes que se obtienen a través de los alimentos. El agua también es el elemento primordial que se utiliza en programas de vacunación, por lo que su calidad tiene un papel fundamental para obtener buenos resultados en dicho proceso (Chango, 2016).

Debido al papel esencial que juega el agua en la salud y el rendimiento de los sistemas biológicos, si se pretende lograr un rendimiento óptimo del ave, es primordial asegurarse de que se suministra una cantidad adecuada de agua limpia. (Khampues y Ratert , 2013). El agua es indispensable para todo organismo viviente por eso es importante mantenerla en óptimas condiciones, es decir, con la calidad adecuada. Al tener un agua potable (apta para consumir) en la explotación avícola se asegura la salud del lote de pollos; por esta razón se deben realizar análisis microbiológicos cada vez que se termina el ciclo productivo.

El agua es el nutriente más importante que consumen las aves domésticas, tanto por cantidad se estima que pueden consumir diariamente una cantidad que dobla la ingesta de alimento sólido, pudiendo llegar a cuadruplicarse en épocas de calor; como por su susceptibilidad a su falta, pues la supervivencia de las aves en ausencia de agua es muy limitada, pudiendo sobrevivir sin cualquier otro nutriente durante periodos más

prolongados que lo que pueden hacerlo sin ella. El agua es, por otra parte, el vehículo natural para la transmisión de numerosas enfermedades que afectan a las aves de producción. En numerosos estudios se ha comprobado la importancia que un agua de bebida insuficientemente acondicionada tiene en la infección de lotes con diferentes especies bacterianas como *E. coli*, Salmonella, Campylobacter o Pseudomonas; pero también en enfermedades parasitarias, como Cryptosporidium, o víricas como HPAI, bursitis infecciosa o Newcastle (Ruiz y Tabares, 2013).

1.1. Justificación

La siguiente investigación se realizó con el fin de evaluar la calidad de agua de bebida en las granjas del municipio La Guardia, para evaluar la calidad desde el punto de vista bacteriológico de las aguas que consumen las aves de las granjas de la zona. Así proporcionar datos fehacientes sobre la situación bacteriológica del líquido elemento a los propietarios y a las instituciones encargadas de ejecutar programas sanitarios en la zona.

Esta investigación beneficiara a pequeños, medianos y grandes productores, aportándoles el estudio de la calidad de agua que sus aves consumen. Y dependiendo a sus resultados, poder implementar las correcciones necesarias y un mejor manejo sanitario en su granja.

El agua de bebida ha sido hasta hace muy poco tiempo olvidada en la producción avícola. Su potabilización y control no se han llevado a cabo de manera rigurosa por los productores, en parte esto se debe a la ausencia de estándares de calidad para el agua de consumo animal (Ruiz y Tabares, 2013).

Las aves deben de disponer de agua limpia, no contaminada, en todo momento. Sin embargo, dependiendo de la fuente de agua que se utilice, ésta puede contener Cantidades excesivas de minerales varios, o puede estar contaminada con bacterias (Tech, 2008).

1.2 Aspectos generales referentes a la calidad del agua:

Antes de describir las diferentes propiedades fisicoquímicas, es recomendable considerar algunos parámetros básicos. El agua usada como fuente de bebida para los animales productores de carne deberá ser:

- Accesible, considerando aspectos de la técnica de distribución del agua, la altura de los bebederos, etc.

- Apropiaada: sin efectos adversos sobre la técnica de suministro, incluyendo corrosión, precipitación y polución.
- Tolerable, en relación con las diversas contaminaciones biológicas y químicas que pueden afectar a la seguridad del alimento.

Para optimizar la técnica de suministro de agua hay que minimizar sus pérdidas ya que estas ocasionan una mayor humedad de la cama, esto constituye el factor más importante de las patogénesis de la dermatitis, de la almohadilla plantar (Kamphues y Ratert, 2013).

1.2. Antecedentes.

El agua, por excelencia, es el elemento de la naturaleza más importante, no solo para el ecosistema que alimenta en un ciclo circular de vida sino sobre todo en el aporte hacia las funciones vitales para cualquier organismo de vida. Sus funciones, son de gran importancia en la función nutricional de cualquier ser viviente, tales como el transporte de nutrientes, la digestión de nutrientes, formación y crecimiento de volumen de las células, la disolución y el conjunto de componentes como la sangre y heces; por último, mantiene la temperatura corporal del ser vivo. De tal forma que cualquier aumento o disminución en la ingesta del agua posee un efecto en el rendimiento del consumidor de este elemento nutritivo. (Fairchild y Ritz, 2009)

En la avicultura, el agua juega un rol importante siendo el vehículo principal todos los nutrientes al igual que es el regulador de temperatura y por ultimo como lubricador en las articulaciones del esqueleto avícola; sin embargo, si el agua que ingieren las aves no está en condiciones óptimas de calidad (mayormente por contaminación microbiana), esta se convierte en el principal causante de distintos problemas patológicos que, como consecuencia, tendrá una efecto directo en los costos de la explotación avícola; generando menor rentabilidad y/o perdidas en la producción. Por ello el abastecimiento del agua hacia las aves debe estar en constante control y mejora continua.

La avicultura rige desde hace más 2 siglos en el mundo; sin embargo, en Bolivia se empezó a obtener las primeras señales de crecimiento de producción avícola (aun rustico) desde 1970 y empezó a tener relevancia en la década de los 80 llegando a establecerse alrededor de 70 granjas distribuidas entre Cochabamba y Santa Cruz, no fue hasta 1998 donde la inversión privada y crecimiento de la avicultura dio un crecimiento exponencial registrando

un salto significativo en la economía del país representando 183 millones de dólares del PIB en 2002, siendo Santa Cruz de la Sierra el mayor exponente como departamento avicultor. (Avicultura en Bolivia,2016)

La explotación avícola, hoy en día, es de los rubros económicos más importantes no solo por la generación de empleos y aporte al país, sino también por pertenecer a la cadena alimenticia de la canasta básica de las familias bolivianas. Por ello el crecimiento de este rubro es constante en el país. El control en la alimentación y abastecimiento de agua en el engorde avícola son puntos claves que en muchos criadores pasa desapercibido y sin relevancia.

El mercado nacional de pollo está lleno de fluctuaciones por distintos factores, mayormente generados por desequilibrios en la producción avícola, que a lo largo de los años han pasado por distintos ajustes de precio hacia el consumidor final.

Dentro la avicultura, si bien los factores externos que puedan afectar la producción no son del todo controlables, existen variables que se pueden controlar de manera absoluta y una de esas es la calidad del agua que ingieren las aves.

El presente trabajo de grado pretende realizar un estudio y mejora acerca de la calidad presente en el agua de consumo para la explotación avícola.

1.3. Planteamiento del problema

Identificación de patógenos de origen hídrico que puedan llegar afectar a la salud de las aves. Y las cantidades excesivas de minerales disueltos en el agua, que pueden afectar el funcionamiento de los equipos: bebederos, paneles evaporativos, nebulizadores y otros.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua de bebida mediante análisis microbiológico en granjas de pollos de engorde del municipio de La Guardia del departamento de Santa Cruz. Esta será realizada bajo la norma boliviana 512.

1.4.2. Objetivo Especifico

- Cuantificar los coliformes totales en agua de bebida de granjas de pollos de engorde del municipio La Guardia, mediante análisis microbiológico.
- Evaluar la calidad del agua considerando el análisis microbiológico asociado a las variables: pH, temperatura y presencia de coliformes.
- Analizar las variables de asociación: tipo de fuente del agua, tipo de tanque, sistema de purificado, frecuencia de limpieza de bebederos, evaluación de calidad del agua y limpieza de tanque.

1.5. Hipótesis

H₀: No existe diferencia significativa en la concentración de coliformes totales en las distintas granjas de pollos de engorde del municipio La Guardia.

H₁: Al menos, más de una de las granjas de pollos de engorde del municipio La Guardia reporta niveles elevados de coliformes totales.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. Agua potable

Agua que, por sus características organolépticas, físico-químicas, radiológicas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido en la NB 512 y el presente Reglamento. (Guías para la Calidad del Agua Potable, 1995)

2.1.2. Control de la calidad del agua

Conjunto de actividades permanentes que tienen como resultado garantizar que el agua para el consumo humano cumpla con los requisitos que establece la norma vigente de calidad del agua.

El Control de la Calidad del Agua inicia en la prevención, aplicando acciones de protección de fuentes, inspecciones sanitarias, correcta operación del sistema de agua, mantenimiento y limpieza. Para monitorear que el agua cumpla con los requisitos de la NB 512, se realiza el análisis de los diferentes parámetros de control establecidos en el presente Reglamento. El control de la calidad se efectúa con la finalidad de evitar riesgos de contaminación y precautelar la inocuidad del agua, contribuyendo de esa manera a proteger la salud de la población contra posibles enfermedades de origen hídrico. (Ley y Reglamento del Medio Ambiente, 1995)

2.1.3. Desinfección

Proceso que permite la inactivación de microorganismos patógenos y no patógenos a través de la adición de sustancias desinfectantes (oxidantes) o agentes físicos como la radiación. (Wiley, 1995)

2.1.4. Inspección sanitaria

La inspección sanitaria es el conjunto de actividades destinadas a evaluar el área de captación y las condiciones de los sitios e infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable, con la finalidad de identificar el nivel de riesgo sanitario que pudiera afectar la calidad del agua de consumo humano. Esto a fin de sugerir las medidas

correctivas y acciones preventivas que correspondan, en los distintos niveles de competencia. También puede entenderse por inspección sanitaria: el conjunto de actividades de prevención y control sanitario-epidemiológico, que tiene como objetivo prevenir los riesgos a la salud asociados al agua de consumo humano. (Rojas, 2002)

2.1.5. Sistema de agua potable

Conjunto de estructuras, equipos, accesorios e instalaciones que tienen por objeto transformar la calidad de agua y transportarla desde la fuente de abastecimiento hasta los puntos de consumo, en condiciones adecuadas de calidad, cantidad, continuidad y presión (Philipsen, 2006).

2.1.6. Tanque de almacenamiento y/o regulación

Depósito destinado a almacenar agua y/o mantener presiones adecuadas en la red de distribución (Damron, 1993).

2.2. Norma Boliviana 512: 2016 - Requisitos del Agua Potable

Considerando que dentro del marco de la Política Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promulgada mediante Resolución Ministerial 272/2015 del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, se describe en las metas a conseguir que debe ser importante la protección de las fuentes de agua destinadas al consumo humano, así como el mejoramiento continuo de los indicadores de calidad, reduciendo sustancialmente los riesgos a la salud pública. La OMS considera la metodología de los Planes de Seguridad del Agua (PSA) como el instrumento integrador para el manejo y control de los riesgos para la salud, desde la cuenca de captación hasta su llegada al consumidor final, se recomienda sea aplicada a todos los sistemas de abastecimiento de agua potable.

La calidad del agua con destino al consumo humano tiene implicaciones importantes sobre los aspectos sociales y económicos que actúan indirectamente sobre el desarrollo de un país. Caracterizar la calidad del agua, a través de la definición de los valores máximos aceptables de los parámetros organolépticos, físico-químicos, microbiológicos y radiológicos es fundamental para proteger la salud pública (Juberias, 2001)

2.3. Variables que influyen en el consumo de agua en pollos.

Según Rubio, 2005 el consumo de agua que es necesario para realizar las funciones vitales del organismo puede explicarse por la gran representatividad de este elemento en los diferentes tejidos animales.

Tabla 1. Porcentaje de agua en los organismos vivos

Tejidos	Agua sobre tejido total (%)
Huevo de incubación	70
Pollito de 1 día	85
Pollo adulto	60
Sangre	83
Musculo	75 – 80
Cerebro	75
Hueso	20

Fuente: Rubio, 2005

2.3.1. Edad:

La ingesta de agua está íntimamente relacionada al consumo de pienso y a la edad del ave (reacción al crecimiento). La demanda de agua aumenta con la edad del ave. En consecuencia, la calidad del agua y su disponibilidad tienen un fuerte impacto en el rendimiento del crecimiento del pollo de engorde y sobre cualquier técnica de manejo que limite el agua, por ejemplo, el menor espacio del área de cría o no aumentar el espacio de bebederos en los primeros 10 días, tendrá un efecto negativo en el crecimiento de las aves. (Kirkpatrick y Fleming, 2008)

2.3.2. Sexo:

El sexo del ave también afecta la ingesta de agua. El consumo de agua de los machos será mayor que el de las hembras desde la primera semana de vida. La proporción agua y alimento es también mayor en los machos que en las hembras. Las diferencias de tejido adiposo entre los sexos explican las diferencias en el consumo de agua (las hembras tienen

más grasa que los machos y la grasa posee un menor contenido de agua que la proteína) (Kirkpatrick y Fleming, 2008).

2.3.3. Temperatura medioambiental

La temperatura medioambiental influye mucho en el consumo de agua. Las aves consumen más agua a medida que aumenta la temperatura. Una de las principales formas en que las aves regulan la temperatura corporal es eliminar el calor del cuerpo evaporando el agua a través del sistema respiratorio durante el jadeo (Fairchild y col. 2009).

El consumo de agua de los pollos es aproximadamente el doble que el consumo de alimento. No obstante, las aves que se encuentren bajo estrés de calor aumentarán la proporción del consumo. La ingesta de agua del ave se incrementa de 6-7% por cada grado por encima de 21°C (NRC, 1994). Efecto de la temperatura medioambiental sobre el consumo de agua (basado en el consumo diario de pienso definido en los Objetivos de rendimiento del broiler Ross 308, junio 2007, y bajo el supuesto de que la ingesta de agua se incrementa un 6% por grado de aumento de la temperatura, (Singleton, 2004).

2.3.4. Temperatura del agua

Con excepción del agua utilizada para vacunación, poca importancia se otorga a la temperatura del agua que se suministra a las aves. El agua almacenada tiende a estar a una temperatura similar a la del medio ambiente. Esto no tiene mayor importancia en climas fríos, pero en climas cálidos el consumo de agua se reduce cuando aumenta la temperatura de esta. Un estudio realizado por Beker y Teeter (1994) concluye que la temperatura del agua que prefieren las aves debe estar a aproximadamente a 10°C; cuando las temperaturas del agua son de 26,7°C o más se reduce significativamente el consumo de agua y la ganancia de peso diaria se ve afectada. En consecuencia, es importante supervisar constantemente la temperatura del agua.

Si la temperatura normalmente excede los 24°C, habrá que considerar la instalación de sistemas de refrigeración del agua para mantener las temperaturas adecuadas en climas cálidos. Un método podría ser que las vías de agua pasen a través de un panel de refrigeración, o quizá, cerca de la corriente de aire del mismo sistema de refrigeración que se utilice. Otra posibilidad es colocar los tanques de agua y las vías de suministro bajo tierra y así mantener el agua fresca protegiéndola de la influencia de la temperatura

medioambiental. Los tanques de agua y las tuberías que se encuentren expuestas al sol deberán aislarse y protegerse de alguna manera para evitar el calentamiento. Otro método es hacer correr el agua de las vías de los beberos a intervalos regulares para mantener el agua lo más fresca posible (Fairchild y col. 2009).

2.4. Funciones del agua

El agua tiene varias funciones, pero la más importante es el intercambio de los nutrientes entre células de los tejidos de los animales y la salida o eliminación de las distintas sustancias tóxicas de las células.

Muchas funciones biológicas del agua dependen de sus propiedades actuando como solvente para numerosos componentes. El agua toma parte en la digestión (hidrolisis de proteínas, grasa y carbohidratos), en la absorción de nutrientes digeridos, transporte de metabolitos en el cuerpo y en la excreción de productos de desperdicios (tóxicos o desechos).

La regulación de la temperatura corporal es dependiente parcialmente de la alta propiedad conductiva del agua para distribuir el calor eventualmente dentro del cuerpo y eventualmente remover por evaporación el exceso de agua liberado por las reacciones metabólicas dentro de las células (García 2011).

2.5. Parámetros de control mínimos – reglamentos de la norma boliviana 512

Los parámetros de control mínimo son aquellos que permiten caracterizar y evaluar la calidad del agua, dando una referencia inicial de su aptitud para consumo humano; se pueden determinar en campo con equipos portátiles. Los parámetros microbiológicos establecidos en esta categoría se realizan para determinar el riesgo de contaminación fecal en el agua. – (Reglamentos de la norma boliviana 512,2016)

Tabla 2: Parámetros de control mínimos según la norma boliviana 512

Parámetro	Valor máximo aceptable	Observaciones
pH	6,5 a 9,0	Un valor de 9,5 de pH es aceptado solo para aguas que provienen de sistemas de potabilización y siempre y cuando se cumpla con el rango del índice Langelier. El laboratorio deberá registrar y reportar el valor de la temperatura a la cual se realizó la medición de Ph.
Conductividad	1500,0 S/cm	El laboratorio deberá registrar y reportar el valor de la temperatura a la cual se realizó la medición de conductividad.
Turbiedad	5 UNT	UNT= unidades nefelométricas de turbiedad
Cloro libre residual	0,2 mg/L a 1,5 mg/L	Medido en el punto de muestreo.
Coliformes termotolerantes	<1 UFC/100 mL	Valor máximo aceptable aplicando la técnica de membrana filtrante.
	<2 NMP /100 mL	Valor máximo aceptable aplicando la técnica de tubos múltiples.
<i>Escherichia Coli</i>	<1 UFC/100 mL	Valor máximo aceptable aplicando la membrana filtrante.
	<2 NMP /100 mL	Valor máximo aceptable aplicando la técnica de tubos múltiples
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<1 UFC/100 ml	

Fuente: Reglamento Norma Boliviana 512

2.6. Test físico-químicos

El conocimiento de la composición química del agua de bebida es de vital importancia en la avicultura ya que la presencia de determinados macrominerales y/o oligoelementos en concentraciones elevadas, pueden causar serios problemas de salud, así como, una merma importante de las producciones (Magraw, 2002).

Se recomienda que se lleven a cabo periódicos análisis del agua en las explotaciones avícolas. Estos análisis, generalmente, van enfocados a determinar y controlar el "total de sólidos disueltos" (TDS). Ahora bien, cuando éste alcance un valor superior a 1000 ppm

sería conveniente efectuar una serie de análisis secundarios o complementarios buscando posibles concentraciones elevadas de determinados minerales: test del sulfato, del sodio, del magnesio, del cloro, del calcio, del potasio o del manganeso. Junto con el test del TDS se pueden llevar a cabo otra serie de test primarios con carácter periódico o rutinario como son: determinación del pH, de la dureza, del hierro, y de los nitratos/nitritos (Vermani y col. 2003).

2.6.1. Dureza del agua

La dureza del agua es una medida que hace referencia principalmente a las cantidades de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua. La dureza no es en sí una variable perjudicial para la salud de las aves. Sin embargo, sí es importante su control ya que la precipitación de estas sales puede dañar el sistema de purificación y distribución del agua, siendo la principal causa de obstrucción de los bebederos. Por lo tanto, la dureza puede llegar a convertirse en un verdadero problema para la explotación si llega a obstaculizar la distribución del agua de bebida (Valias,2001).

Un agua se considera blanda si tiene de 15 a 50 ppm, mientras que es catalogada como dura si tiene más de 180-200 ppm. En ocasiones para reducir la dureza del agua se lleva a cabo un intercambio de iones, en donde el calcio y el magnesio son sustituidos por sodio. Akinhora bien, este sistema presenta el inconveniente que puede elevar el contenido de sodio del agua, pudiendo resultar perjudicial para la salud de las aves, si el nivel de sodio del pienso es elevado (Carter, 1987).

2.6.2. Acidez y alcalinidad del agua

Normalmente el pH del agua en las explotaciones ganaderas suele oscilar entre 6,5 y 8,5. Raramente el pH del agua suele provocar problemas a los animales. Si bien es interesante saber que pH elevados debilitan el efecto de la cloración del agua y que pH bajos pueden ser la causa de la precipitación de ciertos medicamentos administrados en el agua, lo que podría ocasionar problemas de residuos en las canales de los pollos próximos al sacrificio. Así mismo, pH ácidos pueden afectar a los procesos digestivos y dañar el sistema de distribución del agua (tuberías, bebederos, válvulas, etc.) (Watkins, 2007).

2.6.3. Nitratos y nitritos

La presencia de nitratos y nitritos en el agua de bebida puede ocasionar serios problemas de salud a los animales ya que van a disminuir la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre. Ya que la hemoglobina reacciona con los nitritos y forma metahemoglobina, perdiendo su capacidad para transportar el oxígeno. Los animales presentan cianosis, diarreas, retrasos del crecimiento e incoordinación de movimientos y finalmente la muerte (Celik y col. 2008).

Los nitratos (NO_3) se producen en la fase final de la descomposición de la materia orgánica. Su presencia en el agua es indicativo de contaminación, bien por residuos humanos o animales, o bien, por aguas de escorrentía con presencia de fertilizantes. Por el contrario, los nitritos (NO_2) son producidos en las fases intermedias de la descomposición de los compuestos orgánicos (Khan, 2013).

El efecto tóxico de los nitratos sobre las aves depende de la edad de los animales, siendo los adultos mucho más tolerantes que los jóvenes. Niveles por encima de 50 mg/l han ocasionado daños irreparables a las aves en ensayos de laboratorio. Recientes estudios han demostrado que niveles por encima de 20 mg/l repercuten negativamente en la ganancia media diaria, en el índice de transformación y en la velocidad de crecimiento de los pollos. Asimismo, niveles entre 3-20 mg/l pueden afectar al desarrollo y crecimiento normal de los pollos. Por su parte, los nitritos a dosis más bajas son mucho más tóxicos que los nitratos, de tal manera que dosis de 1 mg/l pueden resultar tóxicas para las aves (Valias, 2001).

2.6.4. Sodio

El sodio per se no ocasiona problemas a las aves, pero normalmente está presente en el agua junto a iones bicarbonatos, cloruros o sulfatos. De todos ellos el bicarbonato sódico apenas repercute en la salud de los animales, no así, los otros dos y, sobre todo, el sulfato sódico el cual en cantidades moderadas puede ocasionar graves diarreas por su efecto laxante.

Los niveles aceptables de sodio se sitúan en torno a los 32 mg/l. Concentraciones de 50 mg/l pueden afectar al desarrollo de las aves si coinciden con cifras de sulfatos o de cloruros superiores a 50 mg/l y 14 mg/l, respectivamente (Shendare y col. 2007).

2.6.5. Cloro

En la mayoría de las ocasiones la concentración del cloro suele ser baja, no ocasionando problemas de salud a las aves. El nivel medio recomendable es de 14 mg/l. Valores de 25 mg/l no suelen afectar a los rendimientos productivos, siempre y cuando los niveles de sodio se mantengan normales. Sin embargo, cifras de 14 mg/l de cloro, sí pueden interferir en el normal desarrollo de los pollos, si se combinan con valores superiores a 50 mg/l de sodio (Giesen, 2005).

La principal consecuencia de una elevada concentración de ClNa en el agua de bebida es que los pollos van a consumir grandes cantidades de agua, provocando heces muy líquidas que harán que aumente considerablemente el porcentaje de humedad de la cama, con los consiguientes perjuicios para la cría de pollos de engorde. Este problema puede mitigarse en parte reduciendo la cantidad de ClNa del alimento, si bien dichos cambios deberían ser efectuados por un técnico especializado en nutrición animal (Khan y col. 2011).

2.6.6. Sulfatos

Es posiblemente uno de los principales responsables de la mala calidad del agua en las explotaciones animales. Los sulfatos no son bien tolerados por las aves, provocando diarreas y retrasos en el crecimiento. Los niveles medios recomendables se sitúan en torno a los 125 mg/l. Sin embargo, cifras de 50 mg/l pueden resultar perjudiciales si se combinan con valores de magnesio o sodio superiores a 50 mg/l (Damron, 1993).

2.6.7. Magnesio

El magnesio como tal, rara vez ocasiona problemas en las aves. Ahora bien, cuando se combina con el ión sulfato para formar el sulfato de magnesio, puede ocasionar enormes diarreas en los animales. Valores medios de 14 mg/l serían los ideales. Investigaciones recientes apuntan que concentraciones de 50-100 mg/l de magnesio por sí solas no afectan al crecimiento de los pollos. Sin embargo, valores cercanos a 50 mg/l sí que pueden retrasar el desarrollo si se combinan con niveles de sulfatos superiores a 50 mg/l (Wijtzes, 1993).

2.6.8. Hierro

El hierro presente en las aguas subterráneas está en forma soluble. Cuando el agua aflora a la superficie y entra en contacto con el oxígeno, el hierro precipita, pudiendo bloquear el sistema de conducción de agua o los propios bebederos. Para evitar este problema se pueden colocar filtros especiales para el hierro.

2.6.9. Otros elementos

El manganeso al igual que el hierro se encuentra en forma soluble en las aguas subterráneas y solamente precipita cuando entra en contacto con el aire. Un exceso en el agua puede modificar su sabor, al igual que el cobre (Valias, 2001).

El calcio no ocasiona problemas de salud a las aves, las cuales toleran cifras de hasta 400 mg/l, siendo las cifras deseables de 60 mg/l. Finalmente, una alta presencia en el agua de iones fosfatos es indicativo de una contaminación con aguas fecales o residuales (Hevia y Sotillo, 2005).

2.7. Desinfección del agua

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos (Prasad y Sen, 1992).

2.7.1. Función de la desinfección del agua

La inactivación química de los contaminantes microbiológicos en agua natural no tratada es normalmente uno de los pasos finales de la purificación para la reducción de microorganismos patógenos en el agua. La combinación de diferentes pasos para la purificación del agua (oxidación, coagulación, sedimentación, desinfección, filtración) se utiliza para la producción de agua potable y segura para la salud. Como medida adicional en muchas plantas de tratamiento utilizan un método secundario de desinfección del agua,

para evitar y proteger las aguas de la contaminación biológica que se pudiera producir en la red de distribución. Normalmente se utilizan un tipo de desinfectante diferente al que se utilizó en el proceso de purificación durante etapas previas (Zimmer,2003).

El tratamiento secundario de desinfección asegura que las bacterias no se multiplican en el sistema de distribución del agua. Esto es necesario porque las bacterias pueden permanecer en el sistema y en el agua a pesar de un tratamiento primario de desinfección, o pueden aparecer posteriormente durante procesos de retro lavado o por mezcla de aguas contaminadas (ej. por inclusión de bacterias en las procedentes de aguas subterráneas que se introducen debido a grietas en el sistema de tuberías o distribución) (Lenntech,2021).

2.7.2. El cloro

El cloro es el desinfectante industrial más usado hoy en día. Se utiliza para la desinfección de los abastecimientos de agua domésticos y para el retiro del sabor y los olores del agua. La cantidad de cloro que necesita ser agregada a un sistema de agua viene determinada por varios factores, a saber: Demanda de cloro, tiempo de contacto, pH y temperatura del agua, volumen de agua y cantidad de cloro que se volatiliza con el aire (Rubio,2005).

Según Jeffrey (2000), la dosis adecuada de cloro en el agua potable para las aves es de 3 ppm, aunque las aves pueden tolerar concentraciones de cloro residual de más de 10 ppm. Están indicadas concentraciones de 5 ppm para controlar la formación de biopelículas. La presencia de material orgánico inactiva rápidamente el cloro, por lo tanto, los bebederos deben limpiarse diariamente para evitar la acumulación de material orgánico. El pH del agua debe ser inferior a 8,5 y los valores óptimos de pH son de 6,0 a 8.0. La cloración debe suspenderse dos días antes de cualquier vacunación con bacterias y virus vivos a través del agua potable. El suministro de agua clorada se puede reanudar 4 horas después de que se complete la vacunación.

Las concentraciones de cloro residual entre 2 y 5 ppm no han tenido como resultado un deterioro del rendimiento y se han sugerido como los niveles a agregar en el agua suministrada a los pollos de engorde y gallinas ponedoras (Damron y Flunker, 1993). La calidad microbiológica del agua suministrada a los pollos de engorde mejoró a 2 ppm de cloro residual (Valias y Silva, 2001). Cabe recordar que el cloro reacciona no solo con microorganismos durante la cloración, sino también con sustancias orgánicas e inorgánicas,

generando la demanda de cloro del agua (Tsai y col.1992). La presencia de cloro residual es por tanto importante, ya que será responsable de la eliminación de los microorganismos que contaminan, por diferentes vías, el agua que se les da a las aves. El cloro residual debe medirse 30 minutos después de que el desinfectante entre en contacto con el agua.

Según Lenntech para el control del crecimiento bacteriano se tiene en cuenta la cantidad de pH. Cuanto más alto es el pH, más cloro es necesario para eliminar a las bacterias indeseadas en un sistema de agua. Cuando los valores de pH están dentro de una gama de 8 a 9, se deben agregar 0,4 ppm de cloro. Cuando los valores de pH están dentro de una gama de 9 a 10, se deben agregar 0,8 ppm de cloro (Amaral, 2004).

Los métodos más utilizados para la aplicación del cloro son:

2.7.2.1. Hipoclorito de Sodio

El hipoclorito de sodio en líquido se encuentra comercialmente disponible en solución a concentraciones que van desde el 10 al 15% de sustancia activa. Normalmente, el líquido se distribuye en tanques hacia la parte deseada de las instalaciones por medio de dosificadores, y después éste se mezcla con agua para obtener la concentración deseada de cloro (Sueiro y Tolchinsky, 1993)

2.7.2.2. Tabletas de hipoclorito de calcio

Estas tabletas contienen del 65 al 70% de hipoclorito de calcio. Estas se almacenan en un tanque y se disuelven en agua corriente a medida que ésta pasa a través del mismo tanque para llegar a otro recipiente de almacenamiento. A partir del segundo tanque de almacenamiento, se distribuye el líquido hipoclorito de calcio hacia los lugares de la granja (Matiz y Guitierrez, 2007).

2.8. Enfermedades en parvadas producidas por mala calidad de agua

Dentro de los problemas relacionados al manejo, el de las enfermedades que afectan a las aves de corral es uno de los más importantes, principalmente por el desconocimiento del

productor a la hora de identificar las mismas a través de la observación en el comportamiento y sintomatología clínica y subclínica de las aves (Maya, 2009).

En consecuencia, se plantea que esta problemática puede ser abordada a través de la capacitación, el asesoramiento y el acompañamiento técnico, generando conocimientos y materiales de consulta apropiados al pequeño productor. Las enfermedades causadas por bacterias, virus y protozoos se encuentran entre las enfermedades más comunes en la industria avícola en la que el agua potable juega un papel importante (Gama, 1995).

A continuación, se presentan las enfermedades de pollo más comunes generadas por aguas contaminadas.

Tabla 3. Principales enfermedades bacterianas de las aves transmitidas por el agua

Enfermedades Bacterianas	Agente Etiológico	Signos principales	Transmisión
Enfermedades respiratoria crónica (CRD)	Mycoplasma gallisepticum	Dificultad respiratoria, pérdida de peso, estertores respiratorios, disminución de la producción de huevos, baja uniformidad de la parvada y conversión alimenticia.	El agente etiológico puede contaminar el agua por las expectoraciones de las aves.
Colibacilosis	Escherichia Coli.	Exacerbación de los síntomas respiratorios, que se complican con la septicemia que se produce después de situaciones estresantes.	El patógeno puede estar presente debido a la contaminación fecal del agua.
Cólera Aviar	Pasteurella multocida.	Pérdida de apetito, postración, disminución de la producción de huevos, alta mortalidad y signos respiratorios.	El patógeno puede estar presente por contaminación fecal del agua.
Tifoidea Aviar	Salmonela gallinarum	Postración, diarrea verde, mortandad y disminución de la producción.	El agente puede estar presente en el agua como resultado de la contaminación fecal.

Fuente: Adaptado de Amaral, 2004

Tabla 4. Principales enfermedades virales de las aves transmitidas por el agua

Enfermedades Víriales	Agente etiológico	Signos principales	Transmisión
Enfermedad de Newcastle	Paramixovirus	Signos respiratorios, neuronales o digestivos, disminución de la producción de huevos y alta mortalidad.	Puede estar presente en el agua debido a la contaminación por heces y descargas del tracto respiratorio de aves infectadas.
Bronquitis infecciosa	Coronavirus	Insuficiencia respiratoria, disminución de la producción de huevos.	Puede contaminar el agua debido a la contaminación por heces y descargas del tracto respiratorio de aves infectadas.
Encefalomielitis aviar	Picornavirus	Ataxia, temblor de cabeza, cuello y extremidades.	El agente puede estar presente en el agua por contaminación fecal.
Enfermedad de Gumboro	Birnavirus	Palidez, postración, poca resistencia, diarrea blanca acuosa, anorexia etc.	Puede estar presente en el agua por contaminación fecal.
Enfermedad de Marek	Herpesvirus	Pérdida de peso, parálisis, cuello flácido y mortalidad.	El agente etiológico puede estar presente en el agua debido a la descamación epitelial de las aves infectadas.

Fuente: Adaptado de Amaral, 2004

Tabla 5. Principales enfermedades parasitarias de las aves transmitidas por el agua

Enfermedades por protozoos	Agente etiológico	Signos Principales	transmisión
Histomoniasis	Histomonas Meleagridis	Postración, plumas erizadas y diarrea amarilla.	Puede estar presente en el agua por contaminación fecal.
Coccidiosis	Eimeria spp.	Heces oscuras con sangre, alas caídas, plumas erizadas, pérdida de pigmentación en las patas y las crestas y el rendimiento de la parvada es menor.	Presente en el agua por contaminación fecal.

Fuente: Adaptado de Amaral, 2004

2.9. Principales microorganismos transmitidos por el agua e indicadores microbiológicos de contaminación

Más del 80% de bacterias descritas en el manual de Bergey [Bergey's Manual of Systematic Bacteriology] pueden aislarse del agua. En su mayoría son bacterias entéricas, provenientes del tracto gastrointestinal de animales y humanos, denominadas bacterias fecales, cuya capacidad de sobrevivir y reproducirse en el agua es restringida dado el estrés fisiológico que presenta el medio acuoso. Establecerlas como bioindicadoras tiene alto grado de complejidad debido a las limitaciones diagnósticas que esto genera. Estas características particulares indican que su hallazgo está asociado con infecciones recientes o con presencia de materia orgánica y condiciones de pH, humedad y temperatura que faciliten su reproducción y sobrevivencia (Geldreich,1998).

Poseen características que las hacen tener algunas ventajas sobre otros organismos, como la metodología de muestreo estandarizado y muy bien definido para obtener una respuesta rápida a cambios ambientales como la contaminación. Son indicadores de contaminación fecal a corto plazo por descarga de desechos y a largo plazo, indicadores de efectividad de programas de control. Dentro de las bacterias establecidas como contaminantes del agua se han aislado Gram negativas, especialmente pertenecientes a los géneros Pseudomonas, Flavobacterium, Gallionella, Aeromonas, Vibrio, Achromobacter, Alcaligenes, Bordetella, Neisseria, Moraxella y Acinetobacter. Sin embargo, el grupo bacteriano que cumple con las características de potencial bioindicador de calidad del agua es el de las bacterias

coliformes, enterobacterias o Enterobacteriaceae, anaerobias facultativas, no esporulantes, productoras de gas y fermentadoras de lactosa por vía glucolítica, que generan ácidos como producto final (Mejia,2012).

Corresponden a 10% de los microorganismos intestinales humanos y animales, por lo que su presencia en el agua está asociada con contaminación fecal e indica tratamientos inadecuados o contaminación posterior. Este grupo incluye géneros Escherichia, Edwarsiella, Enterobacter, Klebsiella, Serratia, y Citrobacter. Estos cuatro últimos se encuentran en grandes cantidades en fuentes de agua, vegetación y suelos, por lo que no están asociados necesariamente con contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud. Sin embargo, especies de géneros Enterobacter y Klebsiella colonizan superficies interiores de las tuberías de agua y tanques de almacenamiento, que forman biopelículas en presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos largos de almacenamiento (Maldonado, 2016).

2.10. Aspectos veterinarios específicos de la calidad del agua de bebida

Contrariamente a las condiciones en otros animales para carne, el agua de bebida en avicultura se usa de forma rutinaria para la aplicación de vacunas, medicamentos terapéuticos, como antibióticos, pero también para la aplicación de aditivos al pienso, como vitaminas, microelementos y otras sustancias. Siempre que estas sustancias se añaden al agua se produce un aporte de substratos orgánicos que pueden favorecer la multiplicación de microorganismos. Para evitar un crecimiento desmesurado de los mismos se administran secundariamente ácidos orgánicos, los cuales pueden provocar efectos posteriores, como una disminución del consumo de agua (Kamphues y Ratert, 2013).

Cuando existe una alta concentración de calcio y/o de magnesio algunas sustancias, como las tetraciclinas, pueden precipitarse y tales “complejos” pueden permanecer en el sistema de tuberías durante largo tiempo, creando el peligro de depositar residuos más tarde en los animales, cuando estos complejos se vuelven solubles. Con algunos medicamentos se recomienda añadir ácidos, como el ácido cítrico, para evitar procesos como la formación de complejos. Si se hallan presentes algunos oligoelementos, especialmente Fe y Mn, y sustancias orgánicas –incluyendo azúcares para neutralizar el efecto de mal sabor de los

medicamentos— aumenta entonces el peligro de que aumente la formación de “biofilm” en las superficies internas de las tuberías, por acumulación de sedimentos (Nutril,2004). Por último y no por ello menos importante, se ha especulado repetidamente con la hipótesis de que el agua de bebida juega un significativo papel en la difusión de agentes infecciosos al actuar como vehículo de estos. Hay publicaciones que apoyan estas hipótesis ya que se han hallado organismos como Salmonella, Campylobacter y otras especies de bacterias –y también virus-, contaminantes que se transmitieron principalmente por el agua, debido a polución fecal. Por ejemplo, en la difusión de una infección por Campylobacter en las parvadas de pollos, Chaverach y col. –2004– consideran que el agua de bebida es el factor de riesgo más importante. Pero la cuestión es si esta contaminación del agua de bebida juega un papel predominante debido a que, en concomitancia, el alimento, la cama y el polvo transportado por el aire están o estaban también contaminados. Por otra parte debemos destacar que la ingesta de agua de bebida es dos o tres veces mayor que la ingesta de pienso –omitiendo la ingesta de yacija o excrementos que están contaminados a un gran nivel-. Solo en muy pocos casos el agua del suelo que entra en la tubería principal de una nave está contaminada previamente; en la mayoría de los casos se contaminaría debido a la microflora procedente de la parte interior de la unidad de producción. Las medidas establecidas para evitar deficiencias en la higiene y mantener un nivel higiénico suficiente del agua de bebida son la limpieza y la desinfección (Kamphues y Ratert).

2.11. Sistemas de Bebederos en pollo de engorde

Proporcionar agua limpia y fresca con una tasa de flujo adecuada es fundamental para una buena producción avícola. Sin un consumo de agua adecuado, el consumo de ración disminuye y el desempeño de las aves se ve comprometido. Tanto los sistemas de suministro de agua cerrados como los abiertos se usan comúnmente. (Fairchild, 2015)

2.11.1. Bebederos campana o vaso (sistemas abiertos)

Si bien hay una ventaja en el costo de la instalación de un sistema de bebederos abiertos, los problemas asociados con la calidad de la cama, rechazos e higiene del agua prevalecen. Es difícil mantener la pureza del agua en los sistemas abiertos, ya que las aves introducen partículas de desechos (cama, ración, etc.) en los reservorios, lo que resulta en la necesidad

de limpiar todos los días. Además de requerir mucha mano de obra, es un desperdicio de agua (Palazón, 2008).

Recomendaciones para la instalación:

- Los bebederos campana deben brindar un espacio de al menos 0.6 cm (0.24”) por ave.

Recomendaciones para el manejo:

- Los bebederos campana y vaso deben estar suspendidos para asegurar que el nivel del borde (o labio) del bebedero es igual a la altura de la espalda del ave cuando está de pie normalmente.
- Se debe ajustar la altura a medida que las aves crecen para minimizar la contaminación.
- El agua debe estar a 0.5 cm (0.20”) desde el borde del bebedero a un día de vida y se debe disminuir gradualmente a una profundidad de 1.25 cm (0.50”) después de los siete días de vida, aproximadamente la profundidad de la uña del pulgar (COBB Vantress, 2019).

2.11.2. Sistemas de niples (sistemas cerrados)

Hay dos tipos de bebederos de niple que se usan comúnmente:

- Los bebederos de niple de flujo alto funcionan a 90-120 ml/min (2.7 a 3 fl oz/min). Proporcionan una gota de agua al final del niple y tienen bandejas para goteo para atrapar el exceso de agua que pueda caer del niple. Generalmente se recomiendan 12 aves por niple en los sistemas de flujo alto.
- Los bebederos de niple de flujo bajo funcionan a 62-80 ml/ min (1.7 a 2 fl oz/min). Generalmente no tienen bandejas para goteo y la presión se ajusta para mantener el flujo de agua que cubra los requisitos de los pollos de engorde. Generalmente se recomiendan 10 aves por niple en los sistemas de flujo bajo (Watkins, 2007).

Recomendaciones para la instalación:

- Los sistemas de niples deben ser a presión, ya sea instalando un sistema de bombeo o un tanque en la cabecera.
- La presión del tanque en la cabecera debe ser al menos 2 bar (30 psi).

- Bomba de suministro – 2.8 bar (40 psi) suministrados a la sala de control. Los sistemas de bombeo necesitarán una válvula de reducción de presión en la línea para asegurar que se suministre una presión constante de 2 bar al sistema de niples.
- Las aves no deben tener que caminar más de 3 m (10 ft) para encontrar agua. Los niples se deben colocar en centros de un máximo de 35 cm (14”) (COBB Vantress, 2019).

Recomendaciones para el manejo:

- Los bebederos de niple se deben ajustar para adaptarse a la altura de los pollos y a la presión del agua.
- En sistemas con cañerías verticales, los ajustes de presión se deben hacer en incrementos de 5 cm (2”), según las recomendaciones del fabricante. Los sistemas con bandejas para goteo se deben manejar de forma que las aves nunca beban de las bandejas. Si hay agua en las bandejas para goteo, la presión es demasiado alta en el sistema.
- Para un desempeño óptimo de los pollos de engorde, se recomienda usar un sistema de bebederos cerrado. La contaminación del agua en un sistema de bebederos cerrado con niples no es tan probable como en los sistemas de bebederos abiertos. También se reduce el problema de desperdicio de agua. Además, los sistemas cerrados ofrecen la ventaja de no requerir la limpieza diaria necesaria con los sistemas de bebederos abiertos. Pero es fundamental monitorear regularmente y hacer pruebas de las velocidades de flujo, ya que es necesario más que una estimación visual para determinar si todos los niples están funcionando. Cuando el piso tiene una inclinación, se debe instalar un regulador de inclinación cada 10 cm (4”) de caída para asegurar un flujo de agua uniforme en todo el largo del galpón.
- Una mayor presión de agua no significa un consumo más alto.
- Una presión de agua demasiado bajo puede reducir el consumo en hasta 20%.
- Si la presión es demasiado baja, el ave necesita más tiempo para obtener el volumen que necesita, pero las aves siempre dedican la misma cantidad de tiempo a tomar, sin importar si el volumen es alto o bajo (menos de 1 minuto) (COBB Vantress 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El trabajo se realizó en La Guardia, se encuentra ubicado en la provincia de Andrés Ibáñez en el departamento de Santa Cruz. Geográficamente está localizada sobre la cuenca amazónica, el principal río que pasa cerca de la ciudad es el río Piraí. Coordenadas $18^{\circ}03'S$ $63^{\circ}27'O$, con una altitud media de 506 msnm. Y una temperatura promedio de $25^{\circ}C$. El municipio tiene una superficie de 1.244 km^2 con una población estimada por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia para el año 2012 de 89.284 habitantes y una densidad de 89,080 hab/ Km^2 .



Figura 1. Delimitación municipal de La Guardia y su relación con municipios aledaños

Fuente: Elaboración propia

3.2. Unidad de muestreo

La unidad de muestreo estuvo conformada por granjas de explotación aviar del municipio de La Guardia, las muestras fueron analizadas para los parámetros siguientes de acuerdo con la Norma Boliviana (IBNORCA 2016):

3.3. Tipo de estudio

El presente estudio responde a un modelo descriptivo de cohorte transversal, en el cual se evaluó la potabilidad del agua de bebida en granjas de pollo del municipio La Guardia.

3.4. Variables de estudio

3.4.1. pH.

El pH del agua se midió y se registró en una planilla. Se utilizó un potenciómetro electrónico, el cual se sumerge en dicha muestra hasta que en la pantalla nos indique el valor de este parámetro para su respectivo análisis.

3.4.2. Temperatura

Con un termómetro de Hg se procede a la medición y posterior registro de la temperatura de cada muestra de agua de cada una de las granjas evaluadas, de este modo se pudo comprobar si la variabilidad térmica de nuestro sector puede llegar a ser un factor positivo o negativo en la producción.

3.5. Presencia de coliformes.

3.5.1. Tamaño de muestra

La representación del presente estudio estuvo apoyada por un muestreo aleatorio simple considerando un intervalo de confianza al 95%, efecto de diseño de 0,6 y una precisión de $\pm 5\%$.

La asignación de los individuos a los diferentes estratos resultó en un total de 58 granjas de pollos comerciales, tamaño de muestra suficiente, asumiendo una prevalencia esperada de 50 % por no contar con datos de prevalencia previa (cuadro 1).

Para el cálculo de tamaño de muestra se utilizó el método de poblaciones finitas, bajo cálculos paramétricos, basado en una probabilidad de $P < 0,05$ con un I.C.: 95%, utilizando la fórmula de Cannon, 2001:

$$n = \left[1 - (1 - \beta)^{1/d} \right] \left[\frac{(N - d)}{2} + \frac{1}{2} \right]$$

Dónde:

β : Nivel de confianza (como proporción) => probabilidad de observar por lo menos una granja contaminada, si la prevalencia es d/N

N: Tamaño de la población

d: Número de muestras contaminadas

n: Tamaño de muestra

Se siguió el método de muestreo dirigido propuesto por Thrusfield y *col.*, 1990 y se consideró la guía de planos de colonias menonitas publicado por Enns,2019 (cuadro1).

Cuadro 1. Tamaño de muestras para la evaluación de calidad del agua en granjas de pollo del municipio de La Guardia

ZONA	N	n	sorteados
Colonia San Carlos	5	2	1,4
Pedro Lorenzo	7	4	2,3,4,7
Los Aguisés	3	2	1,3
Totorales	1	1	1
Colonia San Juan	4	1	1
San Jose	7	2	1,2,
Peji	17	8	4,5,6,9,11,12,14,16
Villa Rosario	3	2	2,3
Colonia Swift Current	14	8	1,4,5,7,8,11,12
Naranjillo	4	2	3,4
La peña brecha 3	2	1	2
La Guardia	11	6	1,3,4,7,10,11
Cañaverál 1	1	3	1
Villa Flor	1	1	1
San Miguel de Montegrando	1	5	1
Basilio	7	1	1,2,5,7
San Miguel de Junos	3	1	1,3
Colonia Riva Palacios	1	1	1
Cañaverál 2	1	1	1
Lengua Seca	2	2	1
Brecha 9/1	2	2	1,2
San Juan	2	2	1,2
TOTAL	98	58	

3.6. Materiales de campo

Los materiales de campo utilizados en el presente estudio se describen a continuación:

- Peachimetro Digital.
- Envases plásticos 500ml.
- Termometro ambiental.
- Reactivos Analitico Buffer pH 10.00.
- Ractivo Analitico Buffer pH 4.00.
- Desinfectantes (alcohol 70%)
- Papel Toalla.
- Guantes látex descartables.
- Conservadora de plastofor 5 lt.
- Gel refrigerante.

3.7. Métodos

3.7.1. Método de campo

Previamente se realizó un tamaño de muestra para la evaluación de calidad del agua en las granjas con el método aleatorio estratificado. Se procedió a la toma de muestra dos a tres granjas al día, dependiendo de la distancia de estas. Una vez en la granja se procedía con un protocolo de desinfección previo a entrar al lugar como medida de bioseguridad y por sanidad de las granjas, luego se hacia el registro de la granja con sus datos y referencia del manejo del lugar, se procedía con la toma de agua dependiendo de la autorización del propietario o encargado, como ser: grifo, tanque, manguera o directo del bebedero.

A continuación, se tomaba la temperatura de esta, se etiquetaba todo con los datos del lugar y se colocaba a refrigerar, luego antes de llevar al laboratorio se midió el pH, para posteriormente remitir las muestras al Laboratorio UNALAB - SENASAG.

3.7.2. Método de laboratorio

Las muestras recolectadas de este trabajo fueron analizadas en el laboratorio UNALAB – SENASAG, que es referente del servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria. El método utilizado en el laboratorio fue Número más probable (NMP) en serie de 5 tubos.

3.7.3. Determinante de pH

Para determinar el pH de las muestras se trabajó con un peachimetro digital que fue calibrado previamente según las recomendaciones del fabricante, para posteriormente empezar con las mediciones, luego de tomar la muestra se procedía a medir el pH, y se anotaba en los registros. Se consideró para los valores de pH lo reportador por la norma boliviana 512 (2016). Se consideró como aceptable un valor de 6.5 a 9.0.

3.7.4. Determinación de la Temperatura (T°)

Para evaluar la temperatura se tomaba la medición de las muestras en el momento de la recolección de las mismas. Con un termómetro ambiental digital, como parámetro de referencia se consideró lo reportado por Kirkpatrick y col., (2008) en lo referente a la temperatura del agua en granjas, un promedio aproximado $< 21^{\circ}\text{C}$.

3.7.5. Método estadístico

Para evaluar la incidencia de granjas con agua potable versus no potable se utilizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson (X^2), basado en una probabilidad de $P < 0,05$ y un I.C. al 95 %.

Para la construcción del mapa de densidad Kernel de granjas con agua de bebida potable y no potable, se utilizó el software Arcgis en su modulo ArcMap versión 10.1.

Los datos fueron ingresados a una hoja electrónica Microsoft Excel 2021 y el análisis estadístico se realizó empleando el software Epidat versión 3.1. (Xunta de Galicia, OMS/OPS, 2006).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

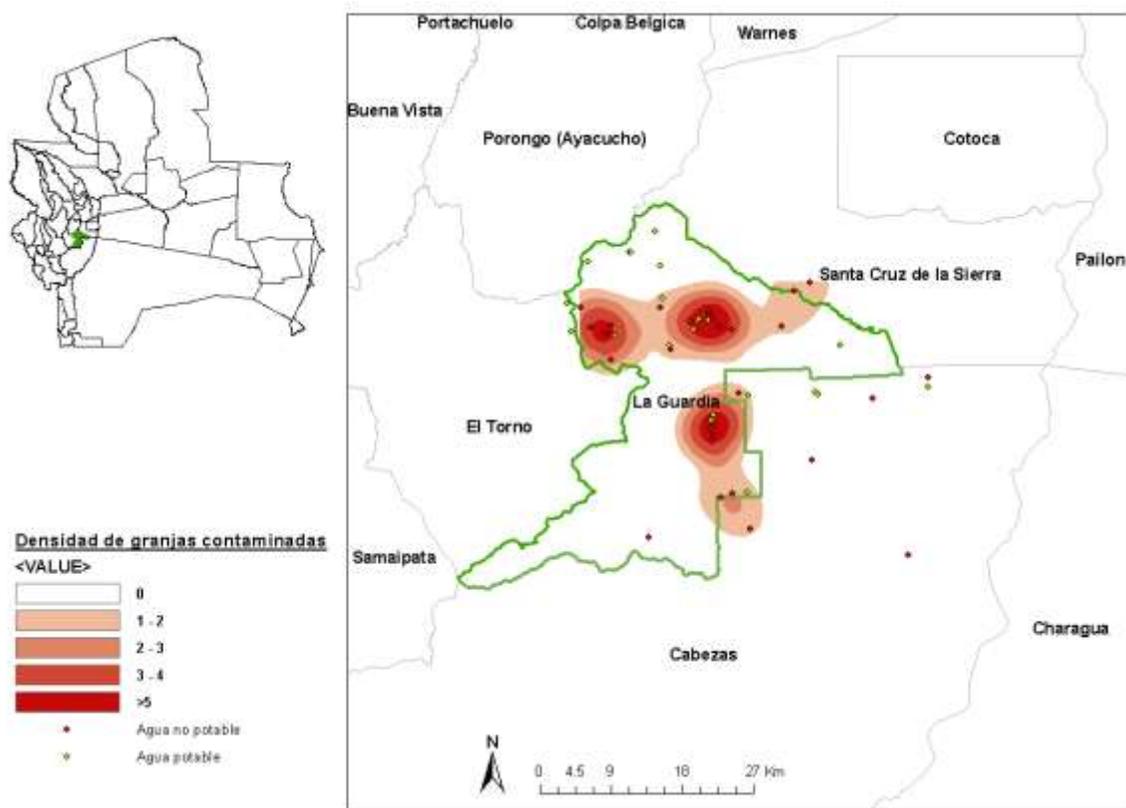
Los resultados de la presente investigación se dividieron en dos secciones; la primera hace referencia a los resultados de contaminación microbiológica y su distribución espacial en el municipio y en la segunda se menciona el análisis de las características físicas del agua de bebida y los sistemas de distribución de la misma en las granjas evaluadas.

4.1. Análisis espacial de la calidad microbiológica del agua de bebida en granjas de pollos de engorda

La calidad del agua de bebida se evaluó mediante análisis microbiológico, a partir del cual se clasificó como agua potable y no potable, para ello la figura 2 muestra el análisis de densidad Kernel de granjas con agua no potable en el municipio de La Guardia, el mismo que permite evidenciar que la contaminación de la fuente de agua en las granjas del mencionado municipio no comparten acuíferos contaminados en común, dado que se encontraron granjas con agua de bebida potable aledañas a granjas con agua de bebida no potable o contaminada.

Estos hallazgos hacen pensar que la contaminación del agua de bebida en granjas de pollo de este municipio ocurre por malas prácticas de manejo, en el almacenamiento, la distribución y falta de control de calidad del mismo; y también en los pozos de donde se obtiene el agua.

Figura 2. Análisis de densidad Kernel de granjas de pollos con agua de bebida microbiológicamente contaminada



La evaluación general del agua de bebida de las granjas de pollos se basó en la norma Boliviana 512, para esto el cuadro 1 describe la frecuencia de granjas con agua de bebida contaminadas en el municipio de La Guardia.

4.2. Análisis cualitativo de la calidad del agua de bebida

En el cuadro 1 se puede observar que el 53.45 % de las granjas evaluadas trabajan con agua de bebida no potable, lo que influye significativamente en la eficiencia productiva, controlando la calidad del agua que fue ingerido por las aves, para que el avicultor evite la aparición de enfermedades infecciosas en la parvada. Esto reduce de manera segura los costos y mejora el rendimiento, dos puntos esenciales para quienes actualmente trabajan con la producción de pollos parrilleros.

Cuadro 2. Frecuencia de agua de bebida contaminada en granjas de pollos de engorde en el Municipio La Guardia del departamento de Santa Cruz

Municipio	n	No Potable		I.C. 95%	
		n	%	Min.	Max.
La Guardia	58	31	53.45	39.75	67.15

Con respecto a la evaluación de potabilidad del agua, se observó diferencia en las diferentes granjas más y menos tecnificadas, ya que a pesar de ser granja tecnificada y con mejores ingresos, los problemas de manejo comunes debidas a vías de acceso del agua y malas prácticas de manejo en el almacenamiento, distribución y control de calidad del mismo.

Tratando de describir las zonas con el mayor número de granjas con agua de bebida no potable, se analizó el total de granjas por zonas para calcular la frecuencia de cada área evaluada (cuadro 2).

En el siguiente cuadro se puede observar que en 5 zonas no colindantes no se encontró agua de bebida contaminada, lo que sugiere que la contaminación no involucra afluentes comunes.

Cuadro 3. Frecuencia de agua de bebida no potable en granjas de pollos de engorde del Municipio La Guardia por zona

ZONA	n	No Potable		I.C. 95%	
		n	%	Min	Max
Aguaises	2	2	100.00	15.81	100.00
Basilio	1	1	100.00	1.26	98.74
Brecha 3	1	0	0.00	0.00	84.19
Brecha 9/1	2	1	50.00	1.26	98.74
Cañaveral	3	2	66.67	9.43	99.16
Colonia Riva palacios	1	0	0.00	0.00	84.19
Colonia San Carlos	2	0	0.00	0.00	84.19
Colonia San Juan	1	1	100.00	1.26	98.74
La Guardia	6	1	16.67	0.42	64.12
La Peña brecha 3	1	1	100.00	1.26	98.74
Lengua seca	2	1	50.00	1.26	98.74
Monte grande	5	3	60.00	14.66	94.73
Naranjillo	2	0	0.00	0.00	84.19
Pedro Lorenzo	4	0	0.00	0.00	60.24
Peji	8	5	62.50	24.49	91.48
San José	2	1	50.00	1.26	98.74
San Juan	2	2	100.00	15.81	100.00
San Miguel de Junos	1	1	100.00	1.26	98.74
Colonia Swift current	8	5	62.50	24.49	91.48
Totorales	1	1	100.00	1.26	98.74
Villa Flor	1	1	100.00	1.26	98.74
Villa Rosario	2	2	100.00	15.81	100.00
Total	58	31	53.45	39.75	67.15

Respecto a los niveles promedio de coliformes encontrados, se observó que 8 granjas distribuidas en 7 zonas, tiene niveles mayores a 130 UFC/100 ml, hecho que pone en evidencia que las enfermedades que pueden transmitirse a las aves a través del agua potable pueden tener su origen en la contaminación del agua por heces, secreciones de aves enfermas, malas prácticas de manejo en el almacenamiento, distribución y control de calidad del mismo o por la utilización de agua ya contaminada por organismos patógenos que se originan en otras especies animales y el hombre, como en el caso de la *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*, respectivamente. Las enfermedades causadas por bacterias, virus y protozoos se encuentran entre las enfermedades más comunes en la industria avícola en la que el agua potable juega un papel importante como ser: *Mycoplasma gallisepticum*, Colibacilosis, Colera Aviar, etc. (Gama, 1995; Amaral, 2004).

Cuadro 4. Niveles promedio de coliformes totales encontrados en agua de bebida de granjas de pollo por zona

ZONA	n	0 a 2 UFC/100 ml		4 a 50 UFC/100 ml		>130 UFC/100 ml	
		n	%	n	%	n	%
Aguaises	2	0	0.00	2	100.00	0	0.00
Basilio	1	0	0.00	1	100.00	0	0.00
Brecha 3	1	1	100.00	0	0.00	0	0.00
Brecha 9/1	2	1	50.00	0	0.00	1	50.00
Cañaverall	3	1	33.33	1	33.33	1	33.33
Colonia riva palacios	1	1	100.00	0	0.00	0	0.00
Colonia San Carlos	2	2	100.00	0	0.00	0	0.00
Colonia San Juan	1	0	0.00	0	0.00	1	100.00
La Guardia	6	5	83.33	0	0.00	1	16.67
La Peña brecha 3	1	0	0.00	1	100.00	0	0.00
Lengua seca	2	1	50.00	1	50.00	0	0.00
Monte grande	5	2	40.00	3	60.00	0	0.00
Naranjillo	2	2	100.00	0	0.00	0	0.00
Pedro Lorenzo	4	4	100.00	0	0.00	0	0.00
Peji	8	3	37.50	5	62.50	0	0.00
San José	2	1	50.00	0	0.00	1	50.00
San Juan	2	0	0.00	2	100.00	0	0.00
San Miguel de Junos	1	0	0.00	0	0.00	1	100.00
Swift current	8	3	37.50	5	62.50	0	0.00
Totorales	1	0	0.00	1	100.00	0	0.00
Villa flor	1	0	0.00	1	100.00	0	0.00
Villa rosario	2	0	0.00	0	0.00	2	100.00
Total	58	27	46.55	23	39.66	8	13.79

Se evaluó la temperatura promedio del agua basado en los parámetros <21 y >21°C, según la norma boliviana 512, para ello el cuadro 4 reporta las mediciones encontradas en las diferentes zonas, en la misma se puede observar que 53 granjas se encontraban con una temperatura promedio >21°C.

Al respecto varios estudios han examinado los efectos de proporcionar agua fría a las aves durante el clima cálido. En la mayoría de estos estudios, la temperatura del agua ha mejorado el rendimiento de los pollos de engorde y las ponedoras. Según Fairchild y col. 2009, indica que cualquier temperatura del agua por debajo de la temperatura corporal del ave será beneficiosa, dado que el agua consumida ayudará a disipar la temperatura corporal.

Cuadro 5. Temperatura promedio en agua de bebida de granjas de pollo por zona

Zona	n	0 a 21 °C		>21 °C	
		n	%	n	%
Aguaisés	2	0	50,00	2	100,00
Basilio	1	0	100,00	1	100,00
Brecha 3	1	0	100,00	1	100,00
Brecha 9/1	2	0	50,00	2	100,00
Cañaverál	3	1	34,33	2	66,67
Colonia riva palacios	1	0	100,00	1	100,00
Colonia San Carlos	2	0	50,00	2	100,00
Colonia San Juan	1	0	100,00	1	100,00
La Guardia	6	0	16,67	6	100,00
La Peña brecha 3	1	0	100,00	1	100,00
Lengua seca	2	0	50,00	2	100,00
Montegrande	5	3	23,00	2	40,00
Naranjillo	2	0	50,00	2	100,00
Pedro Lorenzo	4	0	25,00	4	100,00
Peji	8	0	12,50	8	100,00
San José	2	0	50,00	2	100,00
San Juan	2	0	50,00	2	100,00
San Miguel de junos	1	0	100,00	1	100,00
Swift current	8	1	13,50	7	87,50
Totorales	1	0	100,00	1	100,00
Villa flor	1	0	100,00	1	100,00
Villa rosario	2	0	50,00	2	100,00
Total	58	5	6,72	53	91,38

El pH del agua es un parámetro que mide la acidez o alcalinidad del agua y depende de la estructura geológica de los suelos que atraviesa. Así, un agua proveniente de suelos calcáreos tendrá un pH básico mientras que el agua proveniente de suelos graníticos lo tendrá básico.

Buscando conocer el pH de las aguas que llegan a las granjas del municipio La Guardia, para poder predecir el comportamiento de los medicamentos que se apliquen en términos de solubilidad y estabilidad, el cuadro 5 muestra el valor promedio de pH del agua de las granjas evaluadas.

Al respecto Carter, 1987 afirmó que el agua con un pH inferior a 5,9 era perjudicial para el rendimiento de las aves. La literatura está repleta de referencias sobre el efecto de diferentes niveles de diferentes ácidos orgánicos en el rendimiento de las aves (Giesen, 2005; Moharrery, 2005; Celik y col. 2008). Algunos estudios realizados por Khan y col., 2013 revelaron que el pH moderadamente más bajo del agua potable era beneficioso para las aves de corral, obteniendo un rápido crecimiento en términos de mejor rendimiento y rentabilidad económica, sin embargo, no era deseable una reducción excesiva del pH.

El pH que es más alcalino presenta un bajo rendimiento en términos de peso corporal, por lo tanto, se pudo concluir que el pH del agua potable equivalente a 7.5 resulta en un mejor desempeño y una mejor economía.

Cuadro 6. pH promedio en agua de bebida en granjas de pollo por zona

Zona	n	5 a 6,5		6,5 a 8,5	
		n	%	n	%
Aguaises	2	0	0,00	2	100,00
Basilio	1	0	0,00	1	100,00
Brecha 3	1	0	0,00	1	100,00
Brecha 9/1	2	0	0,00	2	100,00
Cañaverál	3	0	0,00	3	100,00
Colonia riva palacios	1	0	0,00	1	100,00
Colonia San Carlos	2	0	0,00	2	100,00
Colonia San Juan	1	0	0,00	1	100,00
La Guardia	6	2	33,33	4	66,67
La Peña brecha 3	1	0	0,00	1	100,00
Lengua seca	2	1	50,00	1	50,00
Montegrande	5	0	0,00	5	100,00
Naranjillo	2	0	0,00	2	100,00
Pedro Lorenzo	4	0	0,00	4	100,00
Peji	8	2	25,00	6	75,00
San José	2	0	0,00	2	100,00
San Juan	2	0	0,00	2	100,00
San Miguel de junos	1	0	0,00	1	100,00
Swift current	8	3	37,50	5	62,50
Totorales	1	0	0,00	1	100,00
Villa flor	1	0	0,00	1	100,00
Villa rosario	2	0	0,00	2	100,00
Total	58	8	13,79	50	86,21

Analizando las variables de asociación, el cuadro 6 muestra el análisis de las frecuencias observadas de las variables: tipo de agua, tipo de tanque, sistema de purificado, frecuencia de limpieza de bebederos, limpieza de tanque, evaluación de calidad del agua y presencia de sarro en los bebederos.

Cuadro 7. Análisis de variables asociadas a la contaminación de agua de bebida en granjas de pollo en el municipio La Guardia

VARIABLE	n	Agua no potable		X ²	Valor - P
		n	%		
<i>Tipo de fuente de agua</i>					
Agua de pozo	51	29	93.55	0.12	0.72
Agua potable	6	2	6.45	2.04	0.15
Agua de noria	1	0	0.00	0.01	0.90
<i>Tipo de tanque</i>					
Fibra	11	5	16.13	2.33	0.12
Mampostería	6	5	16.13	0.22	0.63
Plástico	41	21	67.74	4.60	0.03
<i>Sistema de purificado</i>					
No	34	17	54.84	4.36	0.03
Si	24	14	45.16	2.47	0.11
<i>Limpieza de bebederos</i>					
Diario	51	27	87.10	4.76	0.02
Día por medio	2	1	3.23	0.37	0.53
Semanal	3	1	3.23	1.00	0.31
Quincenal	1	0	0.00	0.01	0.90
Mensual	2	2	6.45	0.02	0.88
<i>Limpieza del tanque</i>					
No	6	3	9.68	1.15	0.28
45 días	27	13	41.94	4.09	0.04
30 días	3	2	6.45	0.3	0.58
7 días	22	13	41.94	2.26	0.13
<i>Evaluación de calidad del agua</i>					
No	29	15	48.39	3.69	0.05
Si	29	16	51.61	3.19	0.07
<i>Acumulación de sarro en bebederos</i>					
No	16	8	25.81	2.64	0.10
Si	42	23	74.19	3.99	0.04

(P≥0.05) No hay diferencia estadística significativa

(P<0.05) Denota diferencia estadística significativa

V. CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad del agua de bebida mediante análisis microbiológico reporto una incidencia de 53.45% (31/58) de agua no potable, en granjas de pollos de engorde en el municipio de La Guardia del departamento de Santa Cruz.

La contaminación de la fuente de agua en granjas, no comparten acuíferos contaminados en común, dado que se encontraron granjas con agua de bebida potable aledañas a granjas con agua no potable, estos hallazgos hacen pensar que la contaminación del agua en granjas de pollo de este municipio ocurre por otros motivos.

Respecto a los niveles promedio de coliformes encontrados, se observó que 8 granjas distribuidas en 7 zonas, tienen niveles mayores a 130 UFC/100 ml, hecho que implica un alto riesgo de registrar mortalidad causada por enfermedades causadas por bacterias, virus y protozoos que se encuentran entre las enfermedades más comunes en la industria avícola en la que el agua potable juega un papel importante como ser: *Mycoplasma gallisepticum*, Colibacilosis y Colera Aviar.

Respecto a la evaluación del pH del agua se puede observar que la mayoría de las granjas 86,21 % (50/58) reporto un pH cercano a 7.5, con respecto a la temperatura la mayoría de las granjas 91,38% (53/58) se encontraban con una temperatura promedio $>21^{\circ}\text{C}$, por su parte el análisis de la presencia de coliformes en las granjas evaluadas reporto que en 27 de 58 granjas, la concentración de coliformes fue menor a 2 UFC/100 ml y 31 de 58 granjas reportaron una concentración de coliformes mayores a 4 UFC/100 ml.

Respecto a las variables de asociación, el relevamiento demostró que las granjas que cuentan con tanques hechos de material de plástico, las que no aplican ningún sistema de purificación del agua, las que indicaron una frecuencia diaria de limpieza de bebederos, así como en las que se observó presencia de sarro en los bebederos reportaron diferencia estadística significativa asociada a la presencia de agua no potable.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Amaral LA. El agua potable como factor de riesgo para la salud de las aves de corral [Internet]. Revista Brasileña de Ciencias Avícolas. 2004 [citado 5 junio 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbca/>
- Barbara, A. J., Trinh, H. T., Glock, R. D., & Songer, J. G. 2008. Necrotic enteritis-producing strains of *Clostridium perfringens* displace non-necrotic enteritis strains from the gut of chicks. *Veterinary Microbiology*, 126(4), 377-382.
- Chango DM. Agua de bebida principal nutriente [Internet]. El sitio Avicola. 2015 [citado 15 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2860/agua-de-bebida-principal-nutriente-3/>
- Calnek B.W. Enfermedades de las aves. 2ª Edición.
- Carter Thomas (1987). Calidad del agua potable para Avicultura, Guía de ciencia y tecnología avícola. Servicio de Extensión Cooperativa de Carolina del Norte Facultad de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad Estatal de Carolina del Norte.
- Craven, S. E., Stern, N. J., Bailey, J. S., & Cox, N. A. 2001. Incidence of *Clostridium perfringens* in broiler chickens and their environment during production and processing. *Avian Diseases*, 887-896.
- Celik K, Ugur K y Uzatici (2008). Efecto de suplementar la dieta de los pollos de engorde con ácido orgánico y cereales integrales. *Revista asiática de avances animales y veterinarios*, 3 (5): 328-333. Giesen A 2005. El valor de los ácidos orgánicos en la bebida. agua. *Aves de corral del mundo*, 21 (12): 15-17.
- Damron BL, Flunker K. Pollitos de engorde y tolerancia de gallinas 71 (1): 188-196.
ponedoras al hipoclorito de sodio en el agua potable. *Ciencia avícola*;1993; 72: 1650-1655.
- Enns, D. Guía de planos de colonias menonitas. Santa cruz de la Sierra, Bolivia, 2019.
- Eley A. Intoxicaciones alimentarias de etiología microbiana. Editorial Acribia, Zaragoza (España). 1994; 17:1-17.

- Fairchild BD, Ritz CW. Poultry Drinking Water Primer [Internet]. University of Georgia Extension. 2009 [citado 10 junio 2021]. Disponible en: <https://www.uga.edu/extension/detail.html?number=B1301&title=Poultry%20Drinking%20Water%20Primer>
- Fairchild B. Manejo de bebederos en granjas de pollos. [Internet]. 2015 [citado 12 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.elsitioavicola.com/articulos/2693/manejo-de-bebederos-en-granjas-de-pollos/>
- García, H. G., Ledesma, M. N., Godoy, S. F., & Urquiza, B. O. 2014. Determinación de la cantidad de *Clostridium oerfringens* y la Longitud de las vellosidades intestinales en pollos de engorda de 6 semanas de edad aparentemente sanos. *Los Avicultores y su Entorno*, 100, 136-142.
- Giesen A 2005. El valor de los ácidos orgánicos en la bebida. *agua. Aves de corral del mundo*, 21 (12): 15-17.
- Guías para la Calidad del Agua Potable. Segunda Edición, Volumen 1: Recomendaciones OMS, 1995.
- Geldreich EE. La bacteriología del agua. En: Colier L, Balaws A, Sussman M. *Microbiología e infecciones microbianas*. 9th ed. Londres: Arnold Pub; 1998.
- Hayashi Tajima Y. Analisis bacteriologico del agua de consumo en granjas Avícolas, de san juan de Yapacani de la provincia Ichilo. [Medico Veterinario Zootecnista]. Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno; 1996.
- Huberman Yosef Daniel y Terzolo Horacio Raúl. *Pasteurella multocida* y cólera aviar [Internet]. 2015 [Consultado 15 Septiembre 2020] 15, disponible en: [europepmc.org/article/med/301653336_Colera_aviar_en_aves_de_corral/links/588f788a92851c9794c4596a/Colera-aviar-en-aves-de-corral.pdf](https://europepmc.org/article/med/301653336)
- Hevia, m.l. y Sotillo, Alberto. Control del agua en las explotaciones avícolas. Departamento de producción animal, facultad de veterinaria. Murcia –España. 2005. Tomado de: http://www.engormix.com/control_agua_explotaciones_avicolas_s_articulos_914_AVG.htm.
- Juberias,A, 2001.Calidad de las aguas para consumo humano. Parámetros biológicos.

- Lenntech, 1. desinfeccion del agua [Internet]. lenntech . 2021 [citado 7 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>
- Ross Tech. Calidad del agua. Aviagen :[actualizado febrero 2008, acceso 1 de noviembre del 2018] Disponible en: <http://es.aviagen.com>
- Macari, M. y Amaral. Importancia de la calidad del agua en crianza de pollos parrilleros: tipos, ventajas y desventajas.[Internet] Mundo Avicultura : [actualizado marzo 2015] Disponible en: <https://avicultura.info/mantenimiento-del-circuito-de-agua-en-las-explotaciones-avicolas/>
- Maya. (2009). La calidad de agua en la producción de aves. (En línea). Consultado, 23 de jul. 2016. Formato digital. Disponible en: <http://www.engormix.com/>
- Magraw.J 2002. Calidad y tratamiento del agua: Manual de suministros del agua. Editorial panamericana de España, SA.
- Kamphues J. y Ratert Symp C. La calidad del agua de bebida en avicultura. [Internet].Selecciones Avícolas
- Khan AA, Banday MT, Shahnaz S, Tanveer S. Moderately lower pH of drinking water proves beneficial to poultry [Internet]. Jakraya Journal. 2013 [citado 7 junio 2021]. Disponible en: www.jakraya.com/journal/jpst
- Khan AA, Bhat GA, Banday MT y Raquib M (2011). El rendimiento de los pollos de engorde comerciales ofreció agua potable con diferente pH. Revista india de ciencia avícola, 46 (3): 418-420.
- OIE, Manual Terrestre de la OIE, capitulo 2,2018 , disponible en: https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/3.03.10_%20Viruela_aviar.pdf
- Mantilla CL, Portacio,Potencial probiótico de cepas nativas para uso como aditivos en la alimentación avícola, Rev Colomb Biotecnol 2012, disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000100042&lang=es
- Matiz D, Gutierrez JL. Evaluación de la calidad del agua microbiológica y fisicoquímica en pollos de engorde con el uso del peróxido y cloro [Ing.

- Agronomo]. Universidad de La Salle; 2007; Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1178&context=zootecnia>
- Milenio G. La Avicultura en Bolivia: Una historia de éxito [Internet]. El periodico de Bolivia . 2016 [citado 10 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.elperiodico-digital.com/2016/03/21/la-avicultura-en-bolivia-una-historia-de-exito/>
 - Maldonado, A. (2016). Manejo del agua en granjas avícolas. (En línea). Consultado, 22 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en: <http://www.wattagnet.com>.
 - Ruiz Enrique. La sanidad del agua en la avicultura. [sede web] .Selecciones avícolas 2013; Disponible en: <file:///C:/Users/ Documents/La-calidad-del-agua-de-bebida-.pdf>
 - Mejía, B. (2012). Mycoplasma gallisepticum: aerosaculitis. (En línea). Consultado, 8 de sep. 2020. Formato digital. Disponible en: <http://patologiaaviarmidiagnostico.blogspot.com>.
 - Philipsen PLJ , 2006. Acidificar el agua potable apoya el rendimiento. Aves de corral del mundo, 22 (5): 20-21.
 - Palazón, M. (2008). Enfermedades en granjas avícolas. (En línea). Consultado, 18 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org>
 - Revolledo Viviana. Los bacteriófagos en el control de salmonella en las aves y sus productos [Internet]. El estilo avícola: [actualizado en Octubre del 2018; acceso el 2 de diciembre 2018] Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2984/los-bacteri-fagos-en-el-control-de-salmonella-en-las-aves-y-sus-productos/>
 - Rojas R. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano [Internet]. 2002 [citado 18 enero 2021]. Disponible en: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/guia_Vigilancia_Control.pdf
 - Ruiz E. y Tabares J. La sanidad del agua de bebida en Avicultura. Selecciones Avícolas; 2013; Disponible en : <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2013/08/la-sanidad-del-agua-de-bebida-en-avicultura-1>

- Rubio, Jesús. Suministro de agua de calidad en las granjas de broilers. Jornadas profesionales de avicultura de carne. Valladolid – España. Abril del 2005. Disponible en : <http://www.avicultura.com/docsav/ja0512260405-R-rubio.pdf>
- Selecciones Avícolas - Interpretación del resultado de un análisis de agua [Internet]. Seleccionesavicolas.com. 2020 [cited 8 May 2020]. Disponible en: <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2009/05/interpretacion-del-resultado-de-un-analisis-de-agua>
- Shendare R, Mandlekar S, Khati B, Rajput A, Gongle M y Deshmukh S (2007). Efecto del agua ácida y alcalina sobre el aumento de peso corporal y la eficiencia alimenticia de pollos de engorde comerciales. Revista veterinaria india, 84 (3): 317.
- Sueiro NV, Tolchinsky M.A., Otamendi G. AGUAS PARA BEBIDA ANIMAL. Cátedra de Agricultura General. Facultad de Agronomía. Univ. Nac. de Buenos Aires. Reimpresión 1993.
- Vaca Adam Leonel. Produccion Avicola. 1ª ed. Costa rica: Uned.1991. Disponible en: <https://editorial.uned.ac.cr/book/U01530>
- Veermani P, Selvan ST y Vishwanath K (2003). Efecto del agua potable ácida y alcalina sobre el aumento de peso corporal y la eficiencia alimentaria en pollos de engorde comerciales. Revista india de ciencia avícola, 38 (1): 42-44
- Valias APGS, Silva EN. Estudo comparativo de sistemas de bebedouros na qualidade microbiológica da água consumida por frangos de corte. Revista Brasileira de Ciência Avícola 2001; 3 (1):83-89.
- Wu JR, Shieh HK, Shien JH, Gong SR, Chang PC. Molecular characterization of plasmids with antimicrobial resistant genes in avian isolates of Pasteurella multocida. Avian Dis 2003; 47:1384-1392.

- Watkins,S. Higiene de las conducciones del agua de bebida. Ross tech, 2007.
- Wijtzes, T., PJ McClure, MH Zwietering y TA Roberts. 1993. Modelado del crecimiento bacteriano de *Listeria monocytogenes* en función de la actividad del agua, el pH y la temperatura. En t. J. Food Microbiol. 18: 139-149.
- Wiley J. Guías para la Construcción y Mantenimiento de Suministro de Agua - Alumbramiento de Aguas - Segunda Edición [Internet]. 1995 [citado 18 enero 2021]. Disponible en: http://www.anesapa.org/data/files/NB512-AP_Requisitos.pdf
- Zimmer M, Barnhart H, Idris U, Lee MD. Detección de *Campylobacter jejuni* cepas en las líneas de agua de un pollo de engorde comercial y su relación con las cepas que colonizaron los pollos. Enfermedades de las aves 2003; 47 (1): 101-107.

VII. ANEXOS



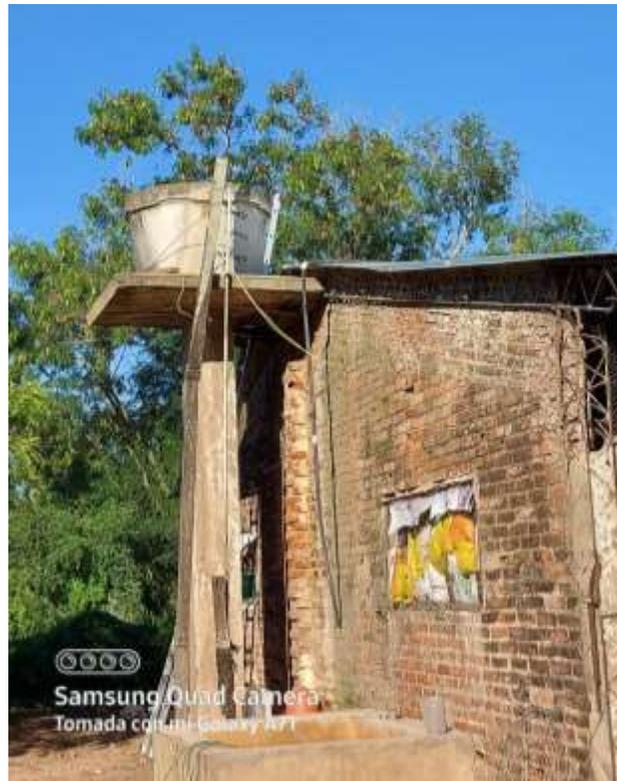
Anexo 1. Camas mojadas por mal manejo.



Anexo 2. Colecta de muestras de agua en las distintas granjas



Anexo 3. Aves y alimento a la intemperie.



Anexo 4. Tanque de agua.



Anexo 5. Colecta de muestras de agua de grifo en las distintas granjas



Anexo 6. Recolección de datos de encargado de granja.



Anexo 7. Colecta de muestras de agua directo del tanque en las distintas granjas



Anexo 8. Presencia de sarro en bebederos.



Anexo 9. Recolección de datos de la granja.



Anexo 10. Tanque de agua de mampostería.



Anexo 11. Toma de temperatura.



Anexo 12. Medidor de pH.



Anexo 13. Muestras de agua.