

EVALUACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL AGUA DE CONSUMO PARA PORCINOS MEDIANTE NMP EN LA GRANJA UAC-CP

Evaluation of total and fecal coliforms in drinking water for pigs using NMP at the UAC-CP farm

Beatriz Mamani Sánchez¹, Marco Avendaño Choque², Jessica Livanía Riqueza Katari³

RESUMEN


Este estudio evaluó la calidad microbiológica del agua para consumo porcino en la granja UAC-CP, debido a la incidencia histórica de problemas gastrointestinales y mortalidad en lechones. Se cuantificó la presencia de coliformes totales (CT) y fecales (CF) mediante la técnica del Número Más Probable (NMP) en seis puntos de la red de distribución, desde la captación hasta los bebederos automáticos en maternidad y destete. Los resultados revelaron una contaminación microbiana excesiva y generalizada en todos los puntos, superando ampliamente el límite máximo permitido por la Norma Boliviana NB 512 ($< 2 \text{ NMP } 100\text{ml}^{-1}$). Las concentraciones de CT oscilaron entre $169.0 \text{ NMP } 100\text{ml}^{-1}$ (Tanque Campus Leahy) y $1\,635.0 \text{ NMP } 100\text{ml}^{-1}$ (Tanque de maternidad). Por otra parte, las concentraciones de CF variaron entre $27.0 \text{ NMP } 100\text{ml}^{-1}$ (Tanque Campus Leahy) y $1\,589.0 \text{ NMP } 100\text{ml}^{-1}$ (chupones de destete). Estos valores exceden hasta en más de 800 veces el límite normativo. La contaminación se incrementó progresivamente a lo largo del sistema, con los niveles máximos en tanques y bebederos de las áreas de maternidad y destete, atribuido a la formación de biopelículas y acumulación de materia orgánica. La elevada carga de CF indica contaminación fecal directa y un riesgo potencial de presencia de patógenos. Los hallazgos explican los episodios de colibacilosis y subrayan la necesidad urgente de implementar medidas correctivas, como limpieza, desinfección y cloración del sistema de agua.

Palabras clave: coliformes totales, coliformes fecales, calidad del agua, número más probable.

ABSTRACT

This study evaluated the microbiological quality of water for pig consumption at the UAC-CP farm, due to the historical incidence of gastrointestinal problems and mortality in piglets. The presence of total coliforms (TC) and fecal coliforms (FC) was quantified using the Most Probable Number (MPN) technique at six points in the distribution network, from the source to the automatic drinkers in the maternity and weaning areas. The results revealed excessive and widespread microbial contamination at all points, far exceeding the maximum limit allowed by the Bolivian Standard NB 512 ($< 2 \text{ MPN } 100\text{ml}^{-1}$). TC concentrations ranged from $169.0 \text{ MPN } 100\text{ml}^{-1}$ (Campus Leahy Tank) to $1\,635.0 \text{ MPN } 100\text{ml}^{-1}$ (Maternity Tank). Meanwhile, FC concentrations varied between $27.0 \text{ MPN } 100\text{ml}^{-1}$ (Campus Leahy Tank) and $1\,589.0 \text{ MPN } 100\text{ml}^{-1}$ (Weaning Drinkers). These values exceed the regulatory limit by more than 800 times. Contamination increased progressively throughout the system, with maximum levels in the tanks and drinkers of the maternity and weaning areas, attributed to biofilm formation and organic matter accumulation. The high FC load indicates direct fecal contamination and a potential risk of pathogen presence. The findings explain the episodes of colibacillosis and underscore the urgent need to implement corrective measures, such as cleaning, disinfection, and chlorination of the water system.

Keywords: total coliforms, fecal coliforms, water quality, most probable number.

¹  Departamento de Investigación y Proyectos, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9513-6941>. bmamani@uac-cp.edu.bo

² Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. fortunmarco@gmail.com

³ Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. riquezalivania@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso básico para la vida y salud, a pesar de su abundancia en el planeta, solo una pequeña parte es agua apta para el consumo. Este elemento es importante en los sistemas de producción porcina, afectando directamente la productividad, tasa de crecimiento, reproducción y salud general del ganado. Sin embargo, existe pocas investigaciones y parámetros específicos de calidad de agua para consumo animal, por lo que extrapolan los estándares establecidos para humanos (Juárez, 2025).

Penn State Extension (2023) afirma que las bacterias coliformes son un grupo de bacilos gram negativos que fermentan la lactosa estos son utilizados como indicadores de contaminación microbiológica. Basado en Jumbo Maza et al. (2025) señalan que, dentro de este grupo, los coliformes fecales (*Escherichia coli*) son muy preocupantes, ya que forman parte de la microbiota intestinal de animales de sangre caliente y su presencia en el agua indica contaminación fecal. *Clostridium difficile* y *Clostridium perfringens* causan diarreas agudas en animales jóvenes, con síntomas gastrointestinales inespecíficos y riesgo para la salud, especialmente en cachorros y razas predispuestas (Vets y Clinics, 2025).

Rodríguez-Angeles, (2002) indican que algunas cepas de bacterias coliformes poseen factores de virulencia como adhesinas, enterotoxinas y otros factores de adherencia que les confieren características patógenas y les permiten causar diversas enfermedades. Los coliformes totales incluyen una gama más amplia de bacterias, mientras que los coliformes de origen fecal están relacionados específicamente con cepas que provienen del tracto gastrointestinal y que son patógenas, responsables de cuadros como la colibacilosis, especialmente en animales jóvenes. Estas cepas patógenas de *Escherichia coli* se clasifican adicionalmente en patotipos basados en combinaciones particulares de factores de virulencia, como el *E. coli* enterotoxigénico (ETEC), enteropatógeno (EPEC), enteroinvasivo (EIEC), entre otros, que determinan el tipo de diarrea y la severidad de la infección (Rodríguez-Angeles 2002).

Los principales síndromes causados por coliformes totales y fecales en cerdos incluyen colibacilosis neonatal, colibacilosis postdestete, enfermedad de los edemas, colisepticemia, mastitis por coliformes e infecciones del tracto urinario, patologías que afectan significativamente la producción porcina (Fairbrother

et al., 2005). Estos síndromes tienen un impacto negativo en el desarrollo de los cerdos, además de ocasionar pérdidas económicas en la granja debido a la disminución de los parámetros zootécnicos de los animales debido a la presencia de estos cuadros diarreicos (Ibarra, 2022).

En los últimos años, Bolivia ha registrado un crecimiento sostenido en el acceso al agua potable y saneamiento básico. A nivel nacional en Bolivia, la proporción de la población con acceso a agua potable aumentó de 72.8% en 2001 a 83.9% en 2014, según datos oficiales y estudios recientes sobre cobertura de servicios básicos en el país (IBCE, 2025). Este incremento refleja los esfuerzos realizados en políticas públicas y proyectos de infraestructura para mejorar el acceso al agua potable durante ese período (IBCE, 2025). En Bolivia, para 2023 la cobertura de agua potable alcanzó un 95% en áreas urbanas y 69% en áreas rurales, con una meta planteada para 2025 de llegar al 96% y 90% respectivamente, mostrando un progreso importante, aunque con un crecimiento más acelerado en zonas urbanas (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2023).

El agua representa entre el 50% y el 80% del peso corporal de los cerdos, siendo mayor en los animales jóvenes debido a su menor contenido de grasa y mayor proporción de tejido magro. Esta proporción cambia con la edad porque el tejido adiposo contiene menos agua que el músculo (EFSA Scientific Committee et al., 2018). Su consumo adecuado impacta significativamente en el crecimiento, la conversión alimenticia y la eficiencia reproductiva. Los lechones en transición requieren un consumo diario de agua que varía entre 1.5 y 5.0 litros, dependiendo de su peso y edad. Esta ingesta es fundamental para mantener un consumo adecuado de alimentos y evitar problemas de salud relacionados, ya que la calidad del agua y el acceso fácil a ella influyen directamente en el bienestar y el desarrollo del lechón. Un suministro insuficiente o agua de mala calidad puede causar una reducción en la ingesta de alimento, afectando el crecimiento y aumentando la susceptibilidad a enfermedades. Además, es importante asegurar un caudal adecuado en los bebederos para que los lechones puedan satisfacer sus necesidades diarias sin dificultad (Beltrán et al. 2020).

En Bolivia, la Norma Boliviana NB 512 (IBNORCA, 2004) establece los requisitos microbiológicos y físico-químicos que debe cumplir el agua para consumo humano, sirviendo como referencia clave. Este estudio

se centra en el agua destinada al consumo de la granja porcina de la Unidad Académica Campesina (UAC-CP), captada del cerro Uchumachi, cuya calidad bacteriológica actual es desconocida.

La granja porcina de la UAC-CP ha registrado históricamente decesos, especialmente en las áreas de maternidad y destete, asociados a síntomas gastrointestinales como diarrea, deshidratación, fiebre y pérdida de peso. Esta mortalidad podría atribuirse a la colibacilosis, causada por la ingesta de agua contaminada con coliformes. esta granja carece de un sistema de tratamiento de agua y el mantenimiento de la infraestructura de almacenamiento (tanques y chupones) no es reciente. Se desconoce por completo la calidad microbiológica del agua desde su captación hasta los bebederos automáticos.

Evaluar la presencia de coliformes en el agua de la granja es crucial para identificar si esta es la causa raíz de los problemas de salud y decesos en los lechones. Confirmar esta relación permitirá implementar medidas correctivas y preventivas específicas (como limpieza de tanques o cloración), lo que se traducirá en beneficios económicos (reducción de pérdidas) y de bienestar animal. Además, el agua limpia es esencial

para la correcta administración y eficacia de medicamentos hidrosolubles. Es por ellos se tiene como objetivo, evaluar la presencia y el número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales en el agua para consumo de cerdos de la granja de la UAC-CP, contrastando los resultados con los límites establecidos en la Norma Boliviana NB 512.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El trabajo se llevó a cabo en la granja porcina de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa (UAC CP), dependiente de la Universidad Católica Boliviana "San Pablo", del municipio de Coroico, provincia Nor Yungas del departamento de La Paz. Bolivia geográficamente entre los 16° 20' 30" de latitud sur y 67° 50' 00" de longitud Oeste, a una altura de 1 850 m s.n.m.

Metodología

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, centrado en los puntos de acceso críticos que se detallan en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Descripción de puntos de muestreo.

Número	Ubicación	Descripción
Punto 1	16° 15' 16" S 67° 41' 13" W	Captación de agua
Punto 2	16° 15' 23" S 67° 41' 31" W	Tanque de almacenamiento Campus Leahy
Punto 3	16° 15' 48" S 67° 41' 49" W	Tanque de almacenamiento del área de maternidad
Punto 4	16° 15' 48" S 67° 41' 49" W	Bebedero automático del área de maternidad
Punto 5	16° 15' 47" S 67° 41' 48" W	Tanque de almacenamiento del área de destete
Punto 6	16° 15' 47" S 67° 41' 48" W	Bebedero automático del área de destete

La metodología descrita para el protocolo de muestreo de agua en bebederos (desinfección con alcohol al 70%, flujo previo para eliminar agua estancada, recolección en frascos estériles llenos, conservación a 4 °C y análisis en menos de seis) se encuentra respaldada por protocolos estándar utilizados en estudios y normativas de calidad del agua para producción animal, entre ellos los reportados en la guía para la gestión del agua en la explotación porcina elaborada por la FAO (2020).

IBNORCA (2004) indica para el análisis de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) se realizó mediante la técnica del número más probable (NMP) en tres etapas, de acuerdo con la NB 512: a) prueba presuntiva: se inocularon series de tubos de caldo Lauryl Sulfato simple (LSS) con volúmenes escalonados de la muestra. La incubación fue a 35 ± 0.5 °C durante 24-48 horas. La producción de gas se

consideró una reacción positiva presuntiva; b) prueba confirmatoria: los tubos positivos se resembraron en caldo verde brillante bilis (BGB) e incubaron a 35 ± 0.5 °C por 24-48 horas para confirmar CT. Para CF, la incubación del BGB se realizó a 44.5 ± 0.2 °C en baño maría; c) prueba completa: para la confirmación final, especialmente de *E. coli*, se realizó siembra en agar MacConkey y pruebas bioquímicas adicionales de ser necesarias; y d) el recuento final se expresó como NMP 100ml⁻¹.

Tabla 2. Características bacteriológicas del agua.

Características	valor máximo aceptable	observaciones
Coliformes totales	0 UFC 100ml ⁻¹ < 2 NMP 100ml ⁻¹	por filtro de membrana por número más probable
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC 100ml ⁻¹ < 2 NMP 100ml ⁻¹	por filtro de membrana por número más probable

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental empleado en este estudio corresponde a un esquema factorial simple, en el que se consideró como factor principal el punto de muestreo (seis niveles), con seis repeticiones por cada uno de ellos, lo que asegura una adecuada estimación de la variabilidad y permite la comparación entre diferentes áreas de la red de distribución de agua (Green, 1979; Underwood, 1991). El diseño BACI (Before-After Control-Impact) consiste en realizar muestreos iniciales (antes) en puntos control e impactados, aplicar la intervención y repetir muestreos posteriores (después) en ambas condiciones para evaluar estadísticamente el efecto de la medida correctiva. Este enfoque permite distinguir los efectos propios de la intervención de las variaciones debidas al tiempo, incrementando la validez interna del estudio. Asimismo, para controlar la variabilidad espacial y temporal, resulta conveniente estructurar bloques por día de muestreo o, en su defecto, bloques por tanque de almacenamiento, de modo que se minimicen los efectos de factores externos no controlados (Hairston, 2015).

Variables de respuesta

Las variables evaluadas fueron: a) presencia de coliformes totales y fecales; b) cuantificación de coliformes totales y fecales y c) puntos de muestreo con mayor presencia de coliformes totales y fecales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presencia de coliformes totales y fecales

Los resultados que se presentan en la Tabla 3, reflejan una clara tendencia creciente de contaminación desde la captación hasta los puntos finales de consumo (chupones), con los valores más altos en el tanque de almacenamiento del área de maternidad (1 635 NMP 100ml⁻¹), seguido de los chupones del área de maternidad (1 606 NMP 100ml⁻¹) y los chupones del área de destete (1 583 NMP 100ml⁻¹). Los valores más bajos fueron registrados en el tanque de almacenamiento del campus Leahy con 169 NMP 100ml⁻¹ y Tanque de almacenamiento del área de destete (239 NMP 100ml⁻¹). Este patrón indica una acumulación progresiva de contaminantes bacterianos en el sistema, especialmente en los puntos de

almacenamiento y suministro directo a los cerdos. Este fenómeno ha sido documentado por Lu et al. (2015), quienes señalaron que las biopelículas formadas en las paredes internas de tanques y tuberías actúan como reservorios de bacterias coliformes, dificultando su eliminación incluso con tratamientos convencionales de desinfección.

Al respecto, Flemming y Wuertz, (2019) explican que las biopelículas proporcionan un entorno protegido para los microorganismos, favoreciendo su resistencia a los tratamientos químicos y físicos. Por su parte la FAO (2020) enfatiza que la dinámica de flujo y la acumulación de materia orgánica en sistemas hidráulicos alimentarios contribuyen a la proliferación bacteriana, incrementando la contaminación hacia los puntos finales de consumo.

Presencia de coliformes fecales

Los valores más altos se registraron en los chupones del área de destete (1589 NMP 100ml⁻¹), chupones del área de maternidad (1 587 NMP 100ml⁻¹) y el tanque de almacenamiento del área de maternidad (1 581 NMP 100ml⁻¹). En contraste, los niveles más bajos se encontraron en el tanque de almacenamiento del Campus Leahy (27 NMP 100ml⁻¹) y tanque de almacenamiento del área de destete (134 NMP 100ml⁻¹).

La presencia de coliformes fecales está estrechamente relacionada con la contaminación por heces de animales de sangre caliente, y suele indicar riesgo de presencia de patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Clostridium perfringens*.

Garzón-Zúñiga y Buelna (2014) evidencian que la contaminación por coliformes fecales es un indicador directo de contaminación fecal por heces de animales de sangre caliente y posible presencia de patógenos entéricos. Cabral (2010) señala que la detección de coliformes fecales sugiere riesgo de transmisión de bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Con implicancias para la salud animal y humana. Oliver y Céspedes (2025) explica que los coliformes fecales actúan como marcadores epidemiológicos fundamentales para la contaminación de sistemas de agua destinados al consumo animal, vinculados a brotes y enfermedades.

Tabla 3. Contraste punto de muestreo con la NB 512.

Punto de muestreo	Coliformes totales (NMP 100ml ⁻¹)	Coliformes fecales (NMP 100ml ⁻¹)	Norma NB 512 (límite)	Cumple (sí/no)
Tanque de almacenamiento del área de maternidad	1 635	1 581	< 2 NMP 100ml ⁻¹	No
Chupones del área de maternidad	1 606	1 587	< 2 NMP 100ml ⁻¹	No
Chupones del área de destete	1 583	1 589	< 2 NMP 100ml ⁻¹	No
Captación de agua	274	278	< 2 NMP 100ml ⁻¹	No
Tanque de almacenamiento del área de destete	239	134	< 2 NMP 100ml ⁻¹	No
Tanque de almacenamiento Campus Leahy	169	27	< 2 NMP 100ml ⁻¹	No

Comparación con los límites de la NB 512

Los resultados obtenidos fueron contrastados con los valores máximos permitidos por la Norma Boliviana 512, la cual establece que tanto los coliformes totales como los coliformes fecales deben estar presentes en concentraciones menores a 2 NMP 100ml⁻¹ en el 95% de las muestras analizadas. Esta comparación permite determinar si el agua utilizada en cada punto del sistema de distribución cumple con los requisitos mínimos de calidad sanitaria.

Los datos reflejan un incumplimiento total de la normativa en todos los puntos evaluados. Los valores registrados superan hasta en más de 800 veces el límite establecido, especialmente en los puntos finales del sistema como los chupones de maternidad y destete, donde los animales consumen el agua directamente.

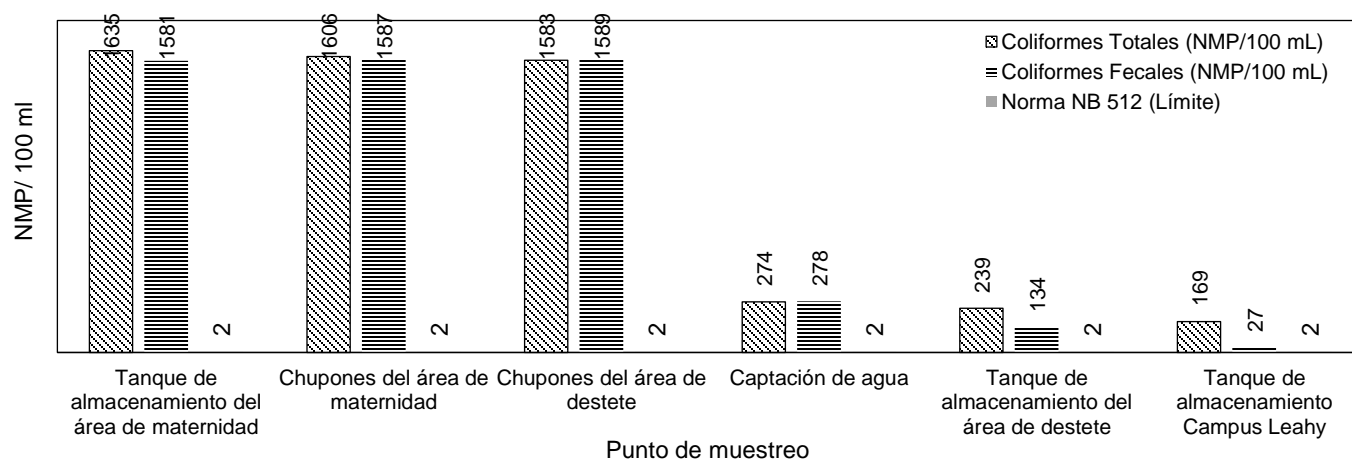
La Organización Mundial de la Salud (2017) enfatiza que el control microbiológico del agua debe garantizar

coliformes totales y fecales en concentraciones muy bajas para prevenir enfermedades. Del mismo tema Bofill-Mas et al. (2005) muestran que los sistemas de agua contaminados afectan gravemente la salud animal y el bienestar productivo, recomendando mejoras en tratamiento y monitoreo.

El AMVEC (2023) destacan la importancia de cumplir normas nacionales e internacionales para garantizar la inocuidad del agua, e indican que la no conformidad suele asociarse con biofilm y deficiencias operativas.

Análisis de la relación entre puntos de muestreo

La Figura 1 muestra que la contaminación no se origina solamente en la captación, sino que se intensifica en la red de distribución, particularmente en los depósitos y dispositivos de entrega de agua. Esta situación es coherente con estudios recientes que señalan los bebederos automáticos como los puntos más vulnerables del sistema por la formación de biopelículas resistentes y acumulación de materia orgánica.

Figura 1. Relación entre puntos de muestreo NPM 100ml⁻¹ y NB 512.

Se observa un patrón en el incremento progresivo de la contaminación a lo largo de la red de distribución, comenzando desde la captación hasta los puntos finales de consumo, específicamente en los tanques de almacenamiento y los chupones de maternidad y destete. Esta situación puede atribuirse a la formación

de biopelículas en las superficies internas de los tanques y tuberías, las cuales actúan como reservorios protegidos para las bacterias coliformes, dificultando la efectividad de los tratamientos convencionales de desinfección (Lu et al., 2015).

Los puntos finales, como los chupones de áreas de maternidad y destete, presentan las concentraciones más altas, lo que implica un riesgo sanitario crítico para los lechones y animales jóvenes, que son más susceptibles a infecciones entéricas graves causadas por estos microorganismos patógenos. La presencia elevada de coliformes fecales es especialmente preocupante pues indica contaminación fecal y posible presencia de patógenos como *E. coli* y *Salmonella* spp. (Garzón-Zúñiga y Buelna, 2014).

Diferencia porcentual respecto de la NB 512

La figura 2 muestra que el 100% de los puntos analizados supera por más de 1 000% el límite normativo, con los valores más altos registrados en los chupones del área de destete y maternidad, puntos donde el agua es consumida directamente por los cerdos. Esta situación implica un riesgo sanitario crítico, especialmente para animales en crecimiento y lechones, quienes son más susceptibles a infecciones entéricas severas.

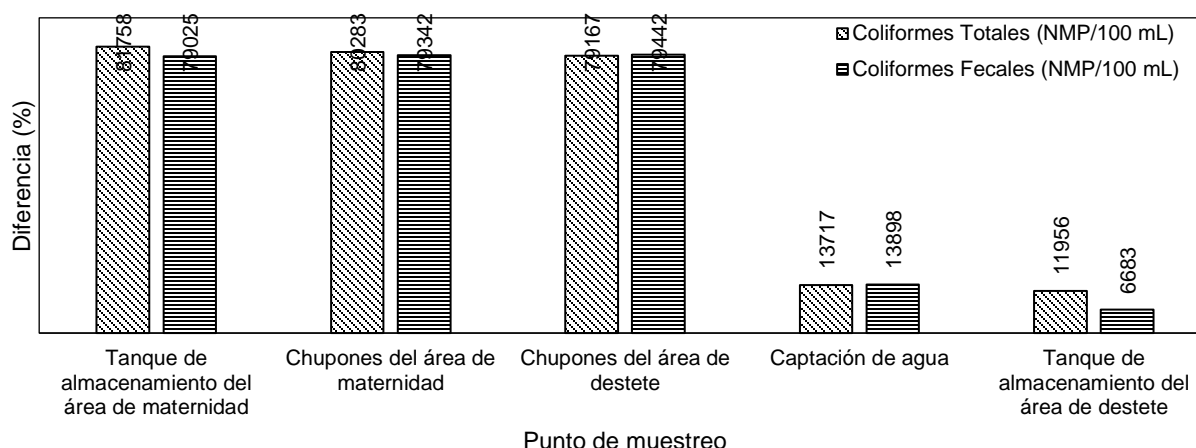


Figura 2. Diferencia porcentual respecto de la NB 512.

El hecho de que el 100% de los puntos evaluados registra valores tan elevados indica una contaminación persistente y extendida a lo largo de toda la red de distribución, con especial concentración en los chupones de las áreas de destete y maternidad, que son los puntos de consumo directo por parte de los cerdos. Esta situación agrava la potencial exposición a agentes patógenos fecales que pueden causar enfermedades gastrointestinales, baja productividad y mortalidad en la granja (Garzón-Zúñiga y Buelna, 2014).

El exceso porcentual tan marcado sobre la norma refleja deficiencias importantes en el mantenimiento y control microbiológico del agua, incluyendo factores como la formación de biopelículas en la infraestructura interna de tanques y tuberías, así como la posible contaminación cruzada durante el almacenamiento y distribución (Lu et al., 2015).

Flemming y Wuertz (2019) enfatizan la resistencia de los microorganismos cuando están en biopelículas y cómo estas estructuras afectan la calidad microbiológica del agua potable, dificultando la eliminación de coliformes totales. Este fenómeno está

vinculado con la acumulación progresiva de contaminación observada en los puntos finales del sistema de distribución. Cabral (2010) señala que los coliformes fecales en aguas de consumo animal indican riesgos de transmisión de bacterias patógenas, provocando enfermedades gastrointestinales, diarrea y potencial mortalidad en animales jóvenes. Esto resalta la urgencia de controlar y mejorar la calidad del agua para evitar pérdidas económicas y problemas de salud persistentes.

Oliver y Céspedes (2025) destaca que los coliformes fecales son marcadores epidemiológicos críticos para la contaminación de sistemas de agua en ambientes productivos. Su presencia constante se asocia con brotes y enfermedades, evidenciando la necesidad de monitoreo y controles estrictos en las fuentes y redes de distribución de agua para ganado.

CONCLUSIONES

Se confirma la presencia elevada y generalizada presencia de coliformes totales y fecales en todos los puntos del sistema de distribución de agua en la granja, desde la captación hasta los bebederos automáticos en

áreas de maternidad y destete. Los niveles de contaminación microbiológica superan ampliamente los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Boliviana NB 512 para agua potable ($< 2 \text{ NMP } 100\text{ml}^{-1}$), con valores que exceden hasta en más de 800 veces el estándar, constituyendo un riesgo sanitario grave para la salud y desarrollo de los cerdos, especialmente los lechones.

La contaminación no se origina únicamente en la captación, sino que se intensifica en la red de distribución, especialmente en los tanques de almacenamiento y bebederos automáticos, debido a la formación de biopelículas y acumulación de materia orgánica, que facilitan la persistencia y proliferación bacteriana resistente a los tratamientos convencionales.

La elevada carga bacteriana en el agua puede estar asociada a episodios recurrentes de enfermedades gastrointestinales y mortalidad en los lechones, afectando negativamente la productividad y bienestar animal, además de generar pérdidas económicas significativas en la granja. Es indispensable implementar medidas urgentes y continuas de control y mantenimiento del sistema de agua, como la limpieza y desinfección periódica de tanques y chupones, así como la aplicación de tratamientos eficaces como la cloración, para garantizar la calidad microbiológica del agua y la salud del ganado.

Este estudio proporciona información base fundamental para la gestión sanitaria en la granja UAC-CP y sirve como referencia para futuras investigaciones sobre calidad de agua para consumo animal en el contexto boliviano.

BIBLIOGRAFÍA

- AMVEC. 2023. Manual de buenas prácticas de producción en granjas porcinas. Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos (en línea). Disponible en <https://www.amvec.com/web/content/19243>
- Beltrán, GE; Jacho, MA; Mateu, S. 2020. Consumo y calidad del agua en post destete (en línea). Disponible en https://www.3tres3.com/latam/articulos/consumo-y-calidad-del-agua-en-post-destete_11901/
- Bofill-Mas, S; Clemente-Casares, P; Albinana-Gimenez, N; De Motes Porta, CM; Gonfa, AH; Llop, RG. 2005. Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos (en línea). *Revista Española de Salud Pública* 79(2):253-269.
- Disponible en <https://doi.org/10.1590/S1135-57272005000200012>
- Cabral, JPS. 2010. Microbiología del agua: patógenos bacterianos y agua (en línea). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7(10):3657–3703. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ijerph7103657>
- EFSA Scientific Committee; Hardy, A; Benford, D; Halldorsson, T; Jeger, MJ; Knutsen, HK; More, S; Naegeli, H; Noteborn, H; Ockleford, C; Ricci, A; Rychen, G; Schlatter, JR; Silano, V; Solecki, R; Turck, D; Younes, M; Chaudhry, Q; Cubadda, F; Gott, D; Oomen, A; Weigel, S; Karamitrou, M; Schoonjans, R; Mortensen, A. 2018. Guidance on risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain: Part 1, human and animal health (en línea). *EFSA journal* 16(7):e05327. Disponible en <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5327>
- FAO. 2023. Water quality in agriculture: Risks and risk mitigation (en línea). Disponible en <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1653096/>
- Fairbrother, JM; Nadeau, É; Gyles, CL. 2005. Escherichia coli in postweaning diarrhea in pigs: An update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies (en línea). *Animal Health Research Reviews* 6(1):17-39. Disponible en <https://doi.org/10.1079/ahr2005105>
- Flemming, H-C; Wuertz, S. 2019. Bacteria and archaea on Earth and their abundance in biofilms (en línea). *Nature Reviews Microbiology* 17(4):247-260. Disponible en <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0158-9>
- Garzón-Zúñiga, MA; Buelna, G. 2014. Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México (en línea). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 30(1):65-79. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100006
- Green, S. B. 1979. Design and analysis of experiments. New York, Estados Unidos: Macmillan.
- Hairton, NG. 2015. Cambridge studies in ecology: Ecological experiments: Purpose, design and execution (en línea). Cambridge, Inglaterra, Cambridge University Press. Disponible en <https://doi.org/10.1017/cbo9780511608513>
- Ibarra, AR. 2022. Caracterización genómica de cepas de Escherichia coli y Klebsiella spp aisladas en la cadena de producción de fresa en Culiacán, Sinaloa (en línea). Disponible en <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1321/1/Angel%20Ibarra%20Rodr%C3%ADGuez.pdf>
- IBCE, DT. 2025. Gobierno prevé 100% de cobertura de servicios básicos en 3 departamentos (en línea). Disponible en <https://ibce.org.bo/principales-noticias-bolivia/noticias-nacionales-detalle.php?id=50227&idPeriodico=34&fecha=2015-01-23>
- IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, Bolivia). 2004. Agua potable. Requisitos. Norma Boliviana NB 512 (en línea). Disponible en

- https://www.anesapa.org/data/files/NB512-AP_Requisitos.pdf
- Juárez, AS. 2025. Calidad de agua para consumo animal (en línea). Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/306-calidad_de_agua_para_ganado_juarez.pdf
- Jumbo, NM; Silverio, CA; Rodríguez, JA; Santos, JA. 2025. Detección de *Escherichia coli* como indicador de contaminación en agua de cisternas de uso domiciliario (en línea). VIVE. Revista de Investigación en Salud. Volumen 8 No. 23, mayo-agosto 2025. Disponible en <https://doi.org/10.33996/revistavive.v8i23.386>
- Lu, H; Wang, Y; Liu, H; Wang, N; Zhang, Y; Li, X. 2015. Review of the presence and phage-mediated transfer of ARGs in biofilms (en línea). *Microorganisms* 13(5):997. Disponible en <https://doi.org/10.3390/microorganisms13050997>
- Ministerio Medio Ambiente y Agua. 2023. Plan Estratégico Institucional 2021-2025 (en línea). Disponible en <https://www.mmaya.gob.bo/wp-content/uploads/2023/06/PEI-MMAYA-2021-2025-TODO-RESOLUCION-PEI-MATIZ.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. 2017. Guías para la calidad del agua potable: Cuarta edición, con la primera adenda (en línea). Ginebra, Suiza. Disponible en <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637>
- Oliver, E; Céspedes, R. 2025. Caracterización física, química y bacteriológica de las aguas residuales ganaderas en la Estación Experimental Choquenaira del Altiplano (en línea). *CIBUM SCIENTIA* 4(1):69-74. Disponible en <https://doi.org/10.53287/vxjs9761fj19c>
- Penn State Extension. 2023. Bacterias coliformes (en línea). Disponible en <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>
- Rodríguez-Angeles, G. 2002. Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli* (en línea). *Salud pública de México* 44(5):464-475. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0036-36342002000500011>
- Vets & Clinics. 2025. Diarrea en perros. *Clostridium difficile* y *Clostridium prefringens* (en línea). Disponible en <https://vetsandclinics.com/es/diarrea-en-perros-clostridium-difficile-y-clostridium-prefringens>
- Underwood, AJ. 1991. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using Analysis of Variance. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Artículo recibido en: 30 de septiembre del 2025
Aceptado en: 13 de diciembre del 2025