

Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de dos granjas porcinas ubicadas en el estado Monagas -Venezuela

Physicochemical and bacteriological quality of water from two pig farms located in the state of Monagas - Venezuela

Moreno, Eduardo¹; Rivas-Nichorzon, Magalys¹; Alfaro-Escalona, Mayra¹; Maftai, Nicoleta- Maricica²; Centeno-Bordones, Guillermo³; Ramos-Villarroel, Ana^{3*}

¹Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente, Maturín, Monagas, Venezuela.

²Departamento de Ciencias Farmacéuticas, Universidad de Galati "Dunarea de Jos", Galati, Romanía.

³Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela

*ay2170@gmail.com

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de dos granjas porcinas del municipio Maturín, estado Monagas. El ensayo tuvo una duración de 18 semanas, se estudiaron variables fisicoquímicas como: temperatura (°C), conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrógeno (pH), cloruro y dureza. Para las variables bacteriológicas se determinaron las poblaciones de bacterias aerobias mesófilas (BAM), coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y Escherichia coli presentes en las muestras de agua, que fueron tomadas siguiendo una distribución completamente aleatorizada con arreglo factorial 2x4, donde se estudiaron como factor A: las dos granjas porcinas y el factor B: conformado por el número de puntos de muestreo en cada unidad de producción (pozo profundo, salida del agua del tanque, área de maternidad e iniciación) con cuatro repeticiones. En el cual se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos del agua entre las granjas analizadas. La temperatura del agua obtuvo promedios entre 27,25 - 29,75 °C, el pH presentó un rango de 5,81- 7,51. La CE, cloruro y dureza estuvieron en los límites permisibles, los recuentos de BAM se encontraron por encima del límite máximo en todos los puntos de muestreo, las poblaciones de CT, CF y E. coli para ambas granjas en todos los puntos de muestreo se presentaron por encima del límite permisible, excepto para las muestras provenientes de pozo profundo. La granja A presentó valores superiores en cuanto a la presencia de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y coliformes fecales en comparación con la granja B.

Palabras clave: análisis bacteriológicos, calidad fisicoquímica, agua, granja de cerdos, unidades de producción.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of water from two pig farms in the municipality of Maturín, Monagas state. The test lasted 18 weeks, and physicochemical variables such as temperature (°C), electrical conductivity (EC), hydrogen potential (pH), chloride, and hardness were studied. For the bacteriological variables, the populations of aerobic mesophilic bacteria (AMB), total coliforms (TC), fecal coliforms (FC) and Escherichia coli present in the water samples were determined, which were taken following a completely randomized distribution with a 2x4 factorial arrangement, where factor A was studied: the two pig farms and factor B: conformed by the number of sampling points in each production unit (deep well, tank water outlet, maternity area and initiation) with four replications. Statistically significant differences were found in the bacteriological and physicochemical parameters of the water between the farms analyzed. Water temperature averaged between 27.25 - 29.75 °C, and pH ranged from 5.81 - 7.51. EC, chloride and hardness were within the permissible limits, BAM counts were above the maximum limit at all sampling points, TC, CF and E. coli populations for both farms were above the permissible limit at all sampling points, except for samples from deep wells. Farm A presented higher values for the presence of mesophilic aerobic bacteria, total coliforms and fecal coliforms compared to farm B.

Keywords: bacteriological analysis, physicochemical quality, water, pig farm, production units.

1 Introducción

El agua es esencial para la vida, el desarrollo y el medio ambiente, es utilizada en la producción de alimentos, generación de electricidad y mantenimiento de la salud, además de ser crucial para la sostenibilidad de los ecosistemas (WWAP, 2003), constituye del 50 al 70% del peso corporal humano (Costanzo, 2014, Audesirk, y col., 2013). El agua es esencial para los procesos biológicos en los animales, influenciando su equilibrio hídrico y salud (Babot, y col., 2020, Sager, 2018). Actúa como transporte de nutrientes, facilita la digestión, regula la temperatura corporal y participa en reacciones químicas vitales, aunque puede ser un vehículo de transmisión de patógenos (ELIKA, 2012). En cerdos, el suministro constante de agua es crucial desde temprana edad, afectando la salud, el consumo de alimentos y la ganancia de peso (Kopp, y col., 2015, ICA, 2011). Es por ello que es importante evaluar la calidad del agua de bebida que se les suministra a los cerdos, ésta se evalúa por su composición física, química y microbiológica (OMS, 2006, Edwards, 2018).

La calidad fisicoquímica del agua se evalúa mediante parámetros como la temperatura, pH, conductividad eléctrica, cloruro y dureza (OMS, 2006, COVENIN, 2002, Guerrero-Legarreta, 1991, Edwards, 2018, Audesirk, y col., 2013). La temperatura influye en diversos procesos físicos y biológicos del agua (Barrenechea, 2005), mientras que el pH indica su acidez o alcalinidad, siendo crucial para diferentes usos, como el consumo por cerdos (COVENIN, 1982, Edwards, y col., 2021; Lozinski, y col., 2022). La conductividad eléctrica se relaciona con la presencia de iones y su alta medida indica posible contaminación (González, 2008, Tosoni, 2020). Concentraciones elevadas de cloruro afectan el sabor del agua y pueden influir en la salud de los cerdos (OMS, 2006). La dureza, determinada por calcio y magnesio, afecta la formación de incrustaciones y la salud de los cerdos (OMS, 2003, Zamora, 2009).

La calidad microbiológica del agua se evalúa mediante la detección de microorganismos como bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* (ZIX, 2019, Corimayo, y col., 2020, Willey, y col., 2020). Estos microorganismos pueden afectar la salud humana y pueden indicar la posible presencia de otros patógenos (Cabrera, y col., 1997, Quintero, y col., 2009).

La presencia de coliformes en el agua sugiere contaminación fecal (Brenner, y col., 2015), y los cerdos pueden ser una fuente significativa de contaminación (Tosoni, 2020). *Escherichia coli*, especialmente la cepa O157:H7, es de especial preocupación debido a su potencial

patógeno y su asociación con enfermedades transmitidas por alimentos (Ochoa, 2005). Los requisitos microbiológicos del agua potable incluyen la ausencia de coliformes y *Escherichia coli*, así como límites para bacterias aerobias mesófilas (COVENIN, 1982, Gaceta Oficial de la República de Venezuela 36.395, 1998, Real Decreto 140, 2003).

La calidad del agua para cerdos suele basarse en estándares para agua potable humana, aunque para lechones se enfatiza en los valores microbiológicos (ZIX, 2019). El agua de baja calidad puede causar trastornos entéricos, especialmente en lechones, aunque los cerdos adultos también pueden ser afectados (Quiles, y col., 2003). Estudios en Venezuela y Argentina han mostrado niveles elevados de coliformes totales y *E. coli* en granjas porcinas, aunque en algunos casos dentro de límites permisibles (Rivas, y col., 2016, Kopp, y col., 2015). El biofilm en los sistemas de agua puede facilitar el crecimiento de microorganismos y afectar la eficacia de los tratamientos adicionales (ZIX, 2019, Molina, y col., 2022). El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de dos granjas porcinas, ubicadas en el estado Monagas.

2 Materiales y Métodos

2.1 Ubicación de la investigación

Se evaluaron dos granjas porcinas, identificadas como A y B. La Granja A se encuentra ubicada en el sector San Luis, con coordenadas geográficas de 9° 50' 14" Latitud Norte y 63° 08' 09" Longitud Oeste, con una altitud de 27 msnm, temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa de 70,5%, y precipitación promedio anual de 1.200 mm (INAMEH, 2023). La Granja B está en el sector Boquerón de Amana, con coordenadas de 9° 36' 51" Latitud Norte y 63° 09' 06" Longitud Oeste, con una altitud de 90 msnm, temperatura promedio de 27,4°C, humedad relativa de 70%, y precipitación promedio anual de 1.200 mm (INAMEH, 2023).

2.2 Toma de muestras

Se tomaron muestras de agua en cuatro puntos específicos: salida del pozo profundo, salida del tanque elevado y salida de los bebederos tipo chupón en áreas de maternidad y lechones lactantes, así como en áreas de iniciación. Cada punto de muestreo se repitió cuatro veces. Las muestras se recolectaron en envases estériles de vidrio de 150 mL y se transportaron en cavas portátiles con hielo para su análisis fisicoquímico y microbiológico (ver Figura 1). Todo el material utilizado fue esterilizado previamente en un equipo de autoclave y el procesamiento de las muestras se llevó a

cabo en el Laboratorio de Fisiología Animal y Lácteos de la Universidad de Oriente del Campus Juanico (COVENIN, 1993, COVENIN, 1994).



Fig 1. Envase de vidrio estéril y preparación de las muestras para su posterior traslado.

2.3 Determinación de parámetros físicos y químicos

Para la determinación de la temperatura, se utilizó un termómetro de mercurio sumergido en un vaso precipitado con la muestra, realizando tres lecturas por cada muestra durante cinco minutos y registrando en grados Celsius.

El pH se midió con un potenciómetro Denver Instrument UB-10 calibrado con soluciones Buffer de pH conocidas (4 y 7), sumergiendo los electrodos en la muestra y tomando tres lecturas por muestra (COVENIN, 1979). La conductividad eléctrica se determinó con un conductímetro Thermo Electron Corporation, calibrado con agua destilada, introduciendo el electrodo en la muestra y registrando tres lecturas por muestra (COVENIN, 1989). Para el cloruro, se siguió la metodología APHA 4500-Cl B (APHA-AWWA-WEF, 2005), titulando la muestra con solución de nitrato de plata hasta obtener un ligero cambio de color. La dureza total se determinó mediante el método APHA 2340 C (APHA-AWWA-WEF, 2005), titulando la muestra con solución de EDTA y usando una tableta de negro de eriocromo como indicador de color. La fórmula para calcular la dureza total es la siguiente:

$$\text{Dureza} = \frac{1010,10 * \text{Volumen Gastado}}{20 \text{ mL Muestra}}$$

Donde:

Constante valor volumétrico de la solución EDTA=1010,10

Volumen gastado= es la solución EDTA 0,02 M

Volumen muestra de agua= 20mL de agua o muestra

2.4 Cuantificación de bacterias aerobias mesófilas (BAM) en las muestras de agua provenientes de las granjas

Se aplicó el método del recuento en placa según la norma COVENIN 902 (1987). Se realizaron diluciones decimales seriadas hasta 10^{-6} a partir de la muestra original. De cada

dilución, se agregó 1 mL a placas de Petri estériles por duplicado, seguido de la adición de agar nutritivo estéril. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas y posteriormente se contaron las colonias utilizando un contador automático. Los resultados se reportaron en Log_{10} UFC/mL de agua.

2.5 Determinación de las poblaciones de coliformes Totales (CT), coliformes fecales (CF) y *Escherichia coli* en muestras de agua provenientes de las granjas porcinas

Para determinar las poblaciones de coliformes totales, fecales y de *E. coli*, se aplicó el método del Número Más Probable (NMP) (COVENIN, 1996). Se realizó una prueba presuntiva y confirmatoria para coliformes totales. En la fase presuntiva, se inoculó 1 mL de las diluciones seriadas en tres tubos por dilución con caldo lauril sulfato triptosa (LST) y se incubaron a 37°C durante 24-48 horas. Los tubos con producción de gas fueron considerados positivos. En la fase confirmatoria, los tubos positivos se inocularon en tubos de caldo Bilis Verde Brillante (BVB) y se incubaron a 37°C durante 24 horas. Los resultados se registraron y se extrapolaron utilizando la tabla del NMP, reportándolos como Log_{10} NMP coliformes totales/mL de agua.

Para la determinación de coliformes fecales, se transfirieron los tubos con gas del caldo BVB a tubos con caldo EC (*Escherichia coli*) previamente temperados y se incubaron a 43°C durante 24 horas. Los tubos positivos se registraron y se expresaron como Log_{10} NMP coliformes fecales/mL de agua.

Para la determinación de *E. coli*, se sembraron las muestras positivas del caldo EC en placas de Petri con Agar EMB-Levine estéril y se incubaron a 37 °C por 24 horas. Se consideraron positivas las diluciones donde se observó crecimiento característico de *E. coli* (colonias pequeñas de color verde metálico brillante, con el centro negro azulado). Después de seleccionar las colonias características, se repicaron en tubos con agar nutritivo para obtener cultivos puros, seguido de una tinción de Gram para observar pureza y morfología. Se realizaron pruebas bioquímicas de identificación IMViC (Indol, Rojo de Metilo, Voges - Proskauer y Citrato) como se observa en la Figura 2.



Fig 2. Pruebas bioquímicas de identificación (IMViC), producción de Indol, rojo metilo, Voges-Proskauer y utilización de citrato.

2.6 Diseño del experimento

El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x4, donde se estudiaron como factor A: las dos granjas porcinas y el factor B: estará conformado por el número de puntos de muestreo en cada unidad de producción (pozo profundo, salida del agua del tanque, área de maternidad e iniciación) con cuatro repeticiones, en consecuencia, se utilizaron 32 unidades experimentales representadas por una muestra de agua seleccionada de forma aleatoria.

2.7 Análisis estadístico

Se aplicó la prueba de Bartlett para verificar la homogeneidad de varianza. Las variables pH, conductividad eléctrica, cloruro, dureza y aerobios mesófilos se transformaron a función rango percentil para cumplir con este supuesto. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de estructura factorial. Las variables que mostraron un efecto significativo en la interacción fueron interpretadas mediante desglosamiento manual y métodos gráficos. Los efectos simples se analizaron utilizando la prueba de Scott & Knott. Todos los análisis se llevaron a cabo con una probabilidad del 95% y se utilizaron el software estadístico Infostat Versión 2020 (Di Rienzo, y col., 2020).

3 Resultados y Discusión

3.1 Variables fisicoquímicas

Las variables: temperatura, pH, conductividad eléctrica y dureza, presentaron interacción significativa entre los factores granja y punto de muestreo, mientras que el cloruro solo presentó efecto significativo de los factores de manera independiente.

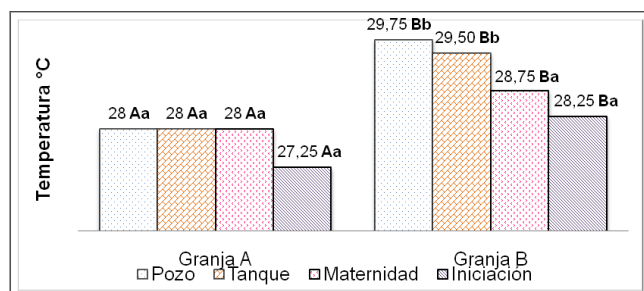
3.1.1 Temperatura

En la Figura 3, se muestra los promedios obtenidos para la temperatura del agua, evidenciando una diferencia significativa entre las dos granjas, donde la granja B presentó valores superiores, con rangos entre 28,25 - 29,75 °C, mientras la granja A entre 27,25 - 28 °C. En la granja B hubo diferencias significativas entre los puntos de muestreo, siendo similares los datos de temperatura del agua proveniente del pozo y tanque, pero distintos estadísticamente a los de maternidad e iniciación, los valores más elevados de temperatura se encontraron en el punto pozo profundo con 29,75 °C y la más baja se reportó en el área de iniciación con 28,25 °C. Con respecto a la Granja A, no hubo diferencias estadísticas entre los diferentes puntos de muestreos.

La temperatura del agua recomendada para los cerdos se encuentra en el rango de 5 a 30 °C (Garrido, 2021). Según Edwards (2018) realizó un estudio sobre la temperatura del agua en granjas porcinas en Australia, concluyendo que la mayoría de las granjas estudiadas tenían una fuente agua proveniente de pozos, con temperaturas que oscilaban entre 8 y 38 °C. Estos resultados coinciden con los reportados demostrando que la temperatura del agua puede influir en la salud de los cerdos.

La temperatura ambiental en la granja B a pesar de ser inferior, obtuvo valores superiores para la variable temperatura del agua. Esto pudo ser influenciado por la profundidad del pozo, debido a que en la granja B la profundidad del mismo es de 15 m, en comparación con la granja A que es de 60 m.

La temperatura del agua dispuesta para el consumo de los animales se encontró por encima de 27,25 °C, al respecto Matlock, y col. (2011) señalan que para los cerdos adultos la temperatura adecuada para el agua de bebida debe ser entre 16 - 25 °C y para las cerdas entre 20 - 25 °C.



(A, B) Letras mayúsculas representan diferencias significativas entre granjas; (a, b, c) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knott con Alfa=0,05.

Fig 3. Promedios de temperaturas del agua en diferentes puntos de muestreo en dos granjas porcinas.

3.1.2 Potencial de Hidrógeno (pH)

Los valores obtenidos en el pH del agua fueron estadísticamente superiores de la granja B a los valores reportados de la granja A (ver Figura 4) en el análisis por granja. De acuerdo a los puntos de muestreo hubo comportamiento distinto en la granja A donde el pH fue aumentando progresivamente en los distintos puntos, los valores más bajos fueron para el agua de pozo profundo y en la salida del tanque elevado con 5,81 y 5,94 respectivamente; luego con un ligero aumento, los puntos de maternidad e iniciación son similares pero diferentes estadísticamente a los anteriores con 6,14 y 6,26, respectivamente.

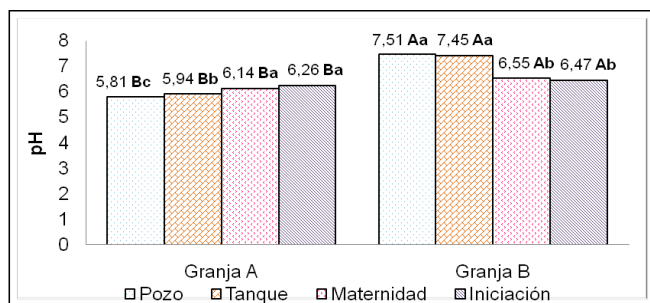
El comportamiento en la granja B en este caso es invertido siendo totalmente distinto ya que los valores del pozo (7,51)

y tanque (7,45) son superiores y con diferencias estadísticas a maternidad (6,47) e iniciación (6,55) que reportaron valores más bajos dentro de esta granja.

Estas diferencias entre una granja y otra, pudo ser debido a diferentes factores como: la composición geológica de la zona de estudio ya que las rocas y minerales presentes en el suelo pueden liberar diferentes cantidades de iones y compuestos químicos al agua, lo que puede afectar su pH. De igual forma el nivel freático puede variar el contenido de pH, las aguas subterráneas profundas pueden tener características químicas diferentes a las aguas superficiales debido a la interacción de las distintas capas del suelo. Por último, el pH puede ser afectado por la cercanía a residuos orgánicos de origen fecal originados en la granja.

Los niveles óptimos de pH del agua en la producción porcina deben estar entre 6,5 y 8,5 (NCR, 2012). Entre estos valores solo la granja B en los puntos de muestreo pozo profundo, tanque elevado y maternidad están dentro de ese rango, esto pudo ser debido a que los menores recuentos bacterianos estaban en las muestras de agua obtenidas de esos lugares. Según Sánchez, y col. (2016), señala que este criterio de pH proporciona un ambiente adecuado para la absorción de nutrientes y para mantener la salud de los cerdos. Un pH fuera de este rango puede tener efectos negativos en la salud y el crecimiento de los cerdos, y puede reducir la eficacia de medicamentos y otros aditivos. Es importante monitorear regularmente el pH del agua para asegurarse de que se mantenga dentro de estos niveles óptimos.

Un pH menor a 6,5 es indeseable ya que puede corroer y disolver los metales de las tuberías y provocar la precipitación a través del agua. El pH alto superior a 8,5 por otro lado, le da al agua una sensación resbaladiza y deja depósitos escamosos (Kober, 1993). Un pH más alto permite una mayor proliferación y supervivencia de patógenos (Zúñiga, y col., 2019).



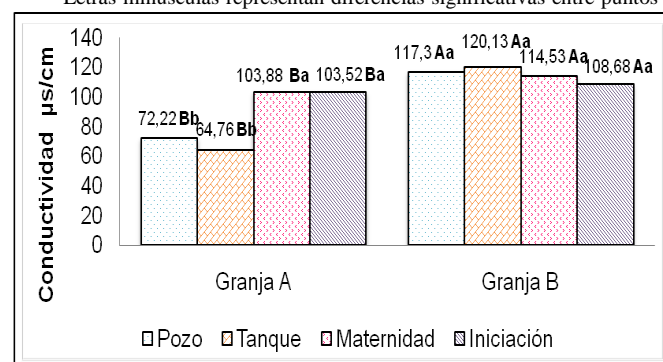
(A, B) Letras mayúsculas representan diferencias significativas entre granjas; (a, b) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knottcon Alfa=0,05.

Fig 4. Promedios de pH del agua en diferentes puntos demuestreo en dos granjas porcinas.

3.1.3 Conductividad eléctrica (CE)

Para la variable conductividad eléctrica se muestran los promedios obtenidos del agua (ver Figura 5), en el caso de las granjas se evidenció diferencias estadísticas, siendo la granja B superior respecto a la granja A. Al analizar el comportamiento por punto de muestreo en la granja A, se denota que en el pozo profundo y tanque elevado se encontraron los valores más bajos con 77,22 y 64,76 $\mu\text{S}/\text{cm}$; y estadísticamente diferentes a maternidad e iniciación que presentaron los tenores más altos 103,88 y 103,52 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esto pudo ser ocasionado porque en estos dos últimos puntos de muestreo existe la mayor presencia de material orgánico provenientes de las excretas de animales, estos compuestos pueden interactuar con el agua y formar iones que contribuyen a un aumento en la conductividad.

(A, B) Letras mayúsculas representan diferencias significativas entre granjas; (a, b, c) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos



de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knottcon Alfa=0,05.

Fig 5. Promedios de conductividad eléctrica del agua en diferentes puntos de muestreo en dos granjas porcinas.

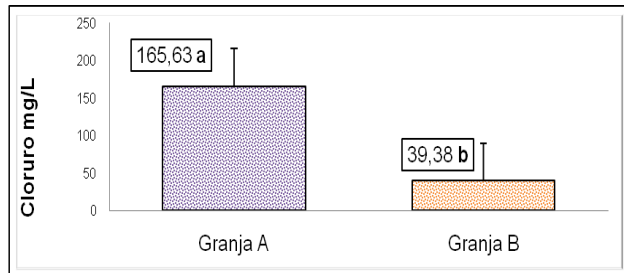
En la granja B se reportó similitud estadística en cada punto de muestreo, con un rango 108,68-120,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A pesar que no se realizó un análisis de correlación se apreció que la CE tuvo relacion con las otras variables. Los niveles óptimos de conductividad eléctrica del agua en la producción porcina deben estar por debajo de 1500 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), aunque algunos estudios han encontrado que los cerdos pueden tolerar niveles más altos. Es importante monitorear regularmente los niveles de conductividad eléctrica y así evitar efectos negativos en la salud y el rendimiento de los cerdos.

Adicionalmente se resalta que los resultados obtenidos en ambas granjas de esta investigación mantuvieron valores de conductividad entre 64,76 a 120,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Algunos autores señalan que estos valores están por debajo de <2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual está dentro de los límites permisibles en la producción porcina (Tosoni, 2020, Bontempo, y col., 2009, López-Brea, 1996). La conductividad eléctrica obtenida según la clasificación de Jenkins se ubica en la categoría de un "agua excelente", por presentar valores menores a 250

$\mu\text{S/cm}$ (Jenkins, 1999).

3.1.4 Cloruro

El efecto de factor granja de manera independiente se observa en la Figura 6, donde se evidencia que hay superioridad en los valores de cloruro en el agua de la granja A con 165,63 mg/L mientras que la granja B presentó promedios de 39,38 mg/L.

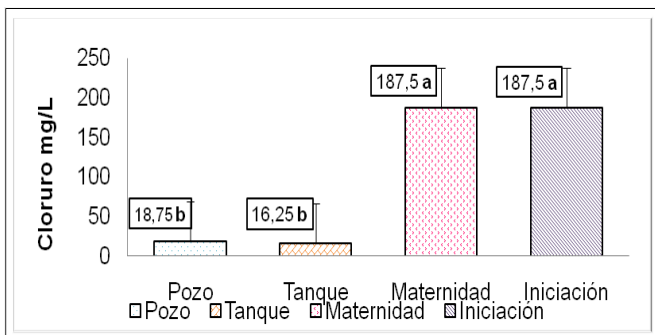


(a, b) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre granjas, por la prueba de Scott & Knott con Alfa=0,05.

Fig 6. Valores de cloruro en el agua proveniente de las dos granjas.

Los valores encontrados de cloruro en el agua de las granjas evaluadas, se encuentran en los límites aceptables. Al respecto los niveles de cloruro en el agua para cerdos y humano no deben superar los 250 mg/L (OMS, 1999, MAGAPOR, 2021), no obstante, en Venezuela, se establece como límite máximo para cloruro 600 mg/L de agua potable (Gaceta Oficial de la República de Venezuela 5.021, 1995).

En la Figura 7, se observa el efecto de forma independiente por punto de muestreo, donde hubo similitud estadística en el agua procedente del área de maternidad e iniciación, presentando los promedios más elevados con 187,5 mg/L; y diferentes en comparación a los puntos del pozo y tanque elevado 18,75-16,25 mg/L.



(a, b) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo, por la prueba de Scott & Knott con Alfa=0,05.

Fig 7. Valores de cloruro del agua en los distintos puntos de muestreo.

La presencia de cloruro en el agua aumentó desde que salió del pozo profundo hasta que llegó a los bebederos de los galpones para animales, esta elevación en los niveles de

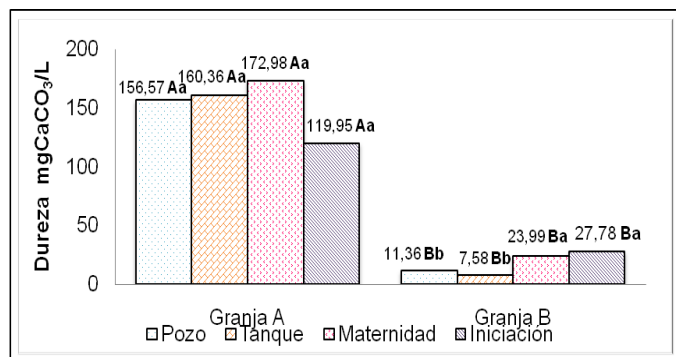
cloruro en el agua puede atribuirse a la contaminación por aguas residuales. Los nitratos se eliminan del agua de pozo usando intercambio aniónico, y se reemplazan con cloruro (Sager, 2018).

En este mismo orden de ideas Bontempo, y col. (2009), aseguran que un agua por encima de 500 mg/L conlleva la reducción de la ingesta. De acuerdo a Sager (2018), indica que el cloruro normalmente no está elevado en las aguas subterráneas o superficiales. Si es > 400 mg/L, impartirá un sabor metálico al agua, que hasta ahora no parece afectar negativamente a los cerdos.

3.1.5 Dureza

En los promedios de dureza mostrados en la Figura 8, se aprecia la interacción entre granjas por punto de muestreo, evidenciándose una marcada superioridad en la granja A siendo distintos los valores reportados en la granja B. Entre los puntos de muestreo de la granja A, se observa que no hubo diferencias estadísticas, presentando promedios en un rango de 119,95-172,98 mgCaCO₃/L, mientras que para la granja B se reportó los valores más bajos (11,36 y 7,58 mgCaCO₃/L) para esta variable en los puntos de pozo profundo y tanque elevado respectivamente, los cuales fueron estadísticamente diferentes con respecto al punto de maternidad (23,99 mgCaCO₃/L) e iniciación (27,78 mgCaCO₃/L) registrando valores elevados con respecto a los puntos anteriores.

(A, B) Letras mayúsculas representan diferencias significativas entre granjas;



(a, b) letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knott con Alfa=0,05.

Fig 8. Promedios de dureza del agua en diferentes puntos de muestreo en dos granjas porcinas.

Con base a COVENIN 2771 (1991) y Wilson (2005) el agua de la granja A puede ser clasificada como "aguas moderadamente duras" a "aguas duras" debido a que los valores estuvieron por encima de 100 mgCaCO₃/L, mientras que en el agua de la granja B la dureza se consideró "suave" ya que presentó valores por debajo de 50 mgCaCO₃/L.

Lo que implica que la granja A posee mayores concentraciones de compuestos minerales, que pudieran ser sales de magnesio y calcio, de orígenes geológicos que atraviesan el caudal de agua subterránea. Según Sánchez, y col. (2016) señalan que el agua adquiere la dureza cuando pasa a través de las formaciones geológicas que contienen los elementos minerales que la producen y por su poder solvente los disuelve e incorpora.

Las aguas blandas no tienen efecto sobre el rendimiento de los cerdos (Kober, 1993). En cambio, un nivel elevado de dureza del agua $> 250 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ puede proporcionar a los cerdos el requerimiento de magnesio a través del agua de bebida, por lo que es importante comprobar la relación Ca: Mg de la dieta (Bontempo, y col., 2009). En esta investigación en ninguno de los puntos de muestreo de las granjas estudiadas se encontraron aguas muy duras, por encima de $300 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$.

Para Lópea-Brea (1996), la dureza del agua para la producción porcina debe estar en concordancia con el (Real Decreto 140, 2003), el cual recomienda valores de dureza de $140\text{-}320 \text{ mg/L}$. Sin embargo, Lozinski, y col. (2022) evaluaron diferentes calidades del agua y su influencia en el crecimiento y el estado de salud de los cerdos, reportando que las tres fuentes de agua suministradas con diferentes cantidades de dureza (1410 ; 909 y 235 mg/L) en cerdos de destete no tuvieron efectos sobre el crecimiento, la salud, la digestibilidad de la dieta, la permeabilidad intestinal, las características de la respuesta inmunitaria o la preferencia de bebida.

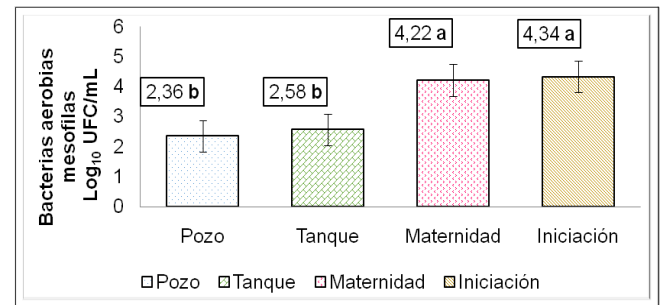
3.2 Variables microbiológicas del agua (Bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*).

3.2.1 Bacterias Aerobias Mesófilas (BAM)

En la Figura 9, se observan los resultados por puntos de muestreo en el agua, así la mayor concentración de bacterias aerobias mesófilas se reporta en la zona de maternidad e iniciación con valores de $4,22$ y $4,34 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ respectivamente, presentando estos dos puntos valores similares entre sí, pero diferentes estadísticamente al pozo profundo y el tanque elevado. Los tenores de BAM para los puntos de pozo profundo ($2,36 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$) y tanque elevado ($2,58 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$) fueron menores.

El agua proveniente de los distintos puntos de muestreo, para la variable BAM estuvo por encima del límite permisible según la Gaceta Oficial de la República de Venezuela 36.395 (1998) y OMS (2011), la cual no debe contener organismos heterótrofos aerobios en densidad mayor a 100 UFC/mL (Unidades Formadoras de Colonias por mililitro). Este límite tiene en cuenta la necesidad de agua segura, y libre de contaminantes microbiológicos para

el consumo humano.



(a, b) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knottcon Alfa=0,05.

Fig 9. Valores de bacterias aerobias mesófilas en los distintos puntos de muestreo.

De igual forma se observa que el recuento de BAM fue aumentando a medida que se alejaban del punto de captación del pozo profundo siendo superior en el área de iniciación. Resultados similares fueron obtenidos por Rivas, y col. (2016) quienes evaluaron la calidad bacteriológica y pH del agua en una unidad de producción porcina, ubicada en el municipio Maturín, estado Monagas. Los resultados arrojaron para el agua del pozo profundo $0 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$, tanque $3,20 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$, maternidad $3,80 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ e iniciación $3,49 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$. Estos resultados sugieren que, durante el recorrido del agua por las tuberías y bebederos de las diferentes instalaciones de la granja, se produjo un posible contacto con agentes contaminantes, lo que incrementó estas poblaciones bacterianas.

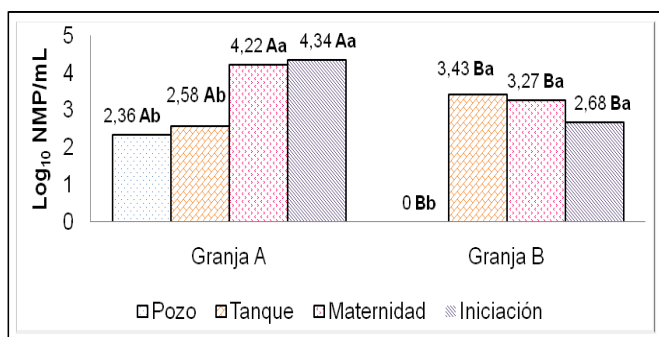
Un estudio sobre la calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del centro-sur de Córdoba-Argentina, obtuvieron en 24% de las muestras promedios entre $2,89\text{-}2,57 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$, los cuales superaron el valor límite establecido para el recuento de BAM, lo que demuestra una alteración del estado general del agua (Lujan, y col., 2019). El consumo de agua con elevados recuentos de BAM puede causar enfermedades como gastroenteritis, infecciones de la piel y de membranas o mucosas. Por otro lado, se encontraron valores similares a los de esta investigación a nivel de pozo profundo.

3.2.2 Coliformes Totales (CT)

En la Figura 10 se aprecia el efecto de la interacción observando la diferencia estadística entre granjas, donde en la granja A los valores para CT fueron superiores con respecto a la granja B, esto puede ser debido a la contaminación inicial desde el pozo profundo sumado a la presencia de biofilm en las tuberías de agua. Además, los promedios obtenidos para los puntos de muestreos, demuestran que en la granja A hay una diferencia estadística en maternidad e iniciación presentando valores

superiores de 4,22 y 4,34 Log_{10} NMP/mL respectivamente y los tenores más bajos para los puntos de pozo profundo (2,36 Log_{10} NMP/mL) y tanque elevado (2,58 Log_{10} NMP/mL).

En la granja B los puntos de tanque elevado, maternidad e iniciación obtuvieron un rango de valores de 2,68-3,43 Log_{10} NMP/mL siendo diferentes estadísticamente al agua proveniente del pozo profundo, la cual no presentó coliformes totales.



(A, B) Letras mayúsculas representan diferencias significativas entre granjas; (a, b) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knottcon Alfa=0,05.

Fig 10. Promedios de coliformes totales del agua en diferentes puntos de muestreo en dos granjas porcinas.

Según los resultados encontrados en ambas granjas existe contaminación microbiológica del agua desde su salida del pozo profundo y esta inicia a nivel del tanque elevado, causado por: la ausencia de una cubierta protectora exponiendo su contenido al contacto con aves y otros animales.

El aumento de los recuentos microbianos normalmente está en granjas con un mal mantenimiento del sistema de agua, depósitos sucios o abiertos al aire y al polvo ambiental. Esto aumenta de forma importante cuando los depósitos interiores no tienen tapa o malla de rafia de protección (Porcinews, 2017).

El agua potable debe tener 0 NMP coliformes totales/mL (COVENIN, 1982, Gaceta Oficial de la República de Venezuela 36.395, 1998). Mientras que el Decreto 883, indica que el agua para uso pecuario debe estar por debajo de 50 NMP/mL, donde los valores obtenidos están por encima de este límite permisible excepto para el punto de muestreo del agua del pozo profundo de la granja B (Gaceta Oficial de la República de Venezuela 5.021, 1995).

Los niveles de contaminación por coliformes podrían traer problemas digestivos (Porcinews, 2017).

Es poca la información de carácter científico sobre la calidad microbiológica del agua de bebida en cerdos, pero existe información de otros monogástricos. Tal como

expone Gioco, y col. (2020), quienes realizaron una investigación sobre calidad del agua de bebida para aves en granjas avícolas de la región centro-oeste de la provincia de Entre Ríos - Argentina, encontrando que del 65,50% de las granjas están por encima del límite permisible para coliformes totales que debe ser de 3 NMP/mL.

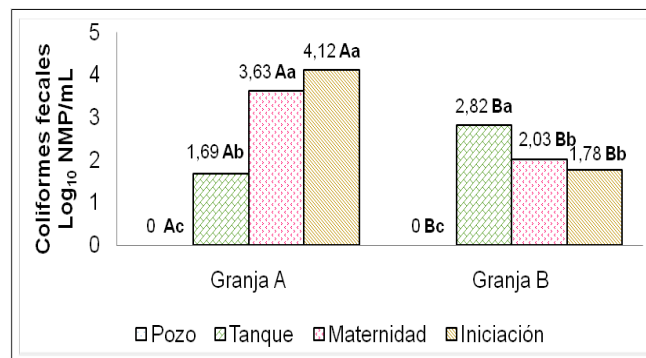
en un estudio de la calidad microbiológica del agua de abastecimiento en granjas de conejos en el noreste de Portugal. Los resultados de los análisis de 12 muestras de agua de granjas fueron negativos para la presencia de coliformes totales y coliformes fecales (Coelho, y col., 2014).

3.2.3 Coliformes fecales (CF)

Las poblaciones obtenidas de coliformes fecales de la granja A son estadísticamente diferentes a la granja B, siendo esta última inferior (ver Figura 9). En los análisis de los puntos de muestreo por granja, reportaron valores de 0 en el punto pozo profundo de las dos granjas.

En la granja A los puntos de maternidad e iniciación presentaron valores superiores en un rango de 3,63-4,12 Log_{10} NMP/mL con respecto al tanque elevado que reportó un promedio de 1,69 Log_{10} NMP/mL.

En el caso de la granja B el comportamiento fue distinto ya que el punto de tanque elevado reportó un valor superior de 2,82 Log_{10} NMP/mL, mientras que maternidad e iniciación mostraron valores más bajos 2,03-1,78 Log_{10} NMP/mL.



(A, B) Letras mayúsculas representan diferencias significativas entre granjas; (a, b, c) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knottcon Alfa=0,05.

Fig 11. Promedios de coliformes fecales del agua en diferentes puntos de muestreo en dos granjas porcinas.

El contenido de CF fue nulo en el agua de ambos pozos de las granjas evaluadas, evidenciándose que la contaminación posterior inicia con el inadecuado almacenamiento del agua en los tanques elevados. En la granja A hubo un aumento progresivo de los conteos a medida que se alejaba del primer punto de captación en el pozo profundo, mientras

que en la granja B se apreció que las poblaciones microbianas descendieron en los puntos de maternidad e iniciación, esto pudo deberse a que en el momento de la toma de muestra no había animales presentes en las instalaciones y además se observó que el comportamiento de CT coincidió con el crecimiento de este grupo microbiano.

Para el agua potable según la norma COVENIN (1982), los CF deben ser 0 NMP/mL; no obstante, la normativa venezolana en referencia a la calidad del agua de uso pecuario establecida, indica que el límite máximo para CF debe ser menor a 1,00 NMP/mL, por lo que todos los puntos de muestreo están por encima de este valor excepto para las muestras provenientes de pozo profundo de ambas granjas (Gaceta Oficial de la República de Venezuela 5.021, 1995).

Asimismo, en una investigación sobre calidad e inocuidad del agua de bebida en diferentes sistemas de producción animal: en municipios del departamento del Meta, Colombia. Los resultados registraron que el 100 % de las muestras presentó coliformes fecales. Los resultados obtenidos se consideran alarmantes, debido a que esta agua es consumida tanto por los humanos como por los animales, siendo un agua con pobre calidad microbiológica y no apta para consumo humano o animal (Castillo, y col., 2022).

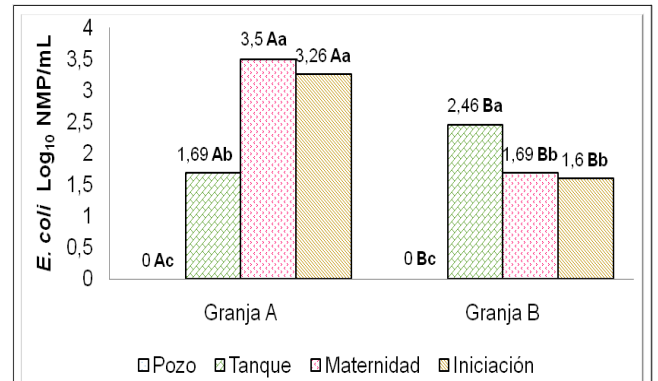
En este sentido, otra investigación evaluó la calidad bacteriológica del agua de tanques de la Estación Experimental de Cota Cota, La Paz-Bolivia. Reportando 2,00 y 2,53 NMP coliformes fecales/mL para la época seca y lluviosa respectivamente, las cuales se encuentran dentro del límite permitido para agua de riego (Quispe, 2016).

3.2.3 *Escherichia coli*

En la Figura 12 se muestra la diferencia estadística entre granjas reportando valores superiores en la granja A con respecto a la granja B. En cuanto a los puntos de muestreo se presentó diferencias estadísticas entre ellos con respecto a la granja A; donde el agua del pozo profundo reportó un valor de 0 Log₁₀NMP/mL, salida del tanque elevado 1,69Log₁₀NMP/mL, maternidad e iniciación, estadísticamente similares con 3,50 y 3,26Log₁₀NMP/mL respectivamente.

Para la granja B la diferencia estadística estuvo marcada por los puntos de tanque elevado, maternidad e iniciación con un rango de valores de 2,46 –1,69 Log₁₀NMP/mL denotando la presencia de *E. coli* en estos puntos y donde el agua proveniente del pozo profundo no presentó *E. coli* reportando un valor de 0 Log₁₀NMP/mL.

Los resultados indicaron que no hubo presencia de *E. coli* en los dos pozos profundos de las granjas evaluadas. De igual forma que en CF la tendencia de los conteos de *E. coli* en la granja A fue aumentando mientras que en la granja B se apreció que las poblaciones microbianas descendieron en los puntos de maternidad e iniciación, lo que pudo deberse a que en la captación de la muestra no se encontraban animales presentes, mientras que en la granja A si se encontraban animales en las áreas muestreadas, lo que supone una posible contaminación por las excretas de los cerdos.



(A, B) Letras mayúsculas representan diferencias significativas entre granjas; (a, b, c) Letras minúsculas representan diferencias significativas entre puntos de muestreo en cada granja, por la prueba de Scott & Knott con Alfa=0,05.

Fig. 12. Promedios de *E. coli* del agua en diferentes puntos de muestreo en dos granjas porcinas.

El agua utilizada para el consumo de los animales, incluyendo cerdos, no debe contener *E. coli* en más de 0 UFC /mL. Si se detecta la presencia de *E. coli* u otros patógenos en el agua de los cerdos, es importante tomar medidas correctivas para mejorar la calidad del agua y prevenir la propagación de enfermedades (Real Decreto 140, 2003).

A diferencia de este trabajo donde no se observó *E. coli* en las muestras de pozo profundo, (Gutiérrez, y col., 2018) determinaron el nivel de contaminación microbiana del agua depositada en los pozos artesanales en la ribera del río Chillón, distrito de Puente Piedra, Perú. Encontrando en 34 pozos profundos 100% promedios de *E. coli* por encima del límite permisible, lo que resultó en una calidad deficiente de acuerdo a las características evaluadas.

Mientras que un estudio sobre la evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua en pollos de engorde con el uso del peróxido y cloro, reportaron que no hubo presencia de *E. coli* en las semanas 1, 3, 4, 5, y 6 en ninguno de los tratamientos, concluyendo la eficacia de la aplicación de estos dos productos desinfectantes (Gutiérrez, y col., 2007).

Los resultados de esta investigación para los grupos

microbianos CF y *E. coli* fueron superiores para el área de maternidad en la granja A. Al respecto Rivas, y col. (2016), encontró que las poblaciones de CF y *E. coli* en el agua del área de maternidad fue mayor en comparación con el resto de las áreas muestreadas; mientras que en el agua del pozo profundo y área de reproductores no se detectaron estas poblaciones bacterianas.

4 Conclusiones

Considerando tanto los aspectos fisicoquímicos como bacteriológicos del agua, se han obtenido conclusiones fundamentales que permiten evaluar su impacto en la salud de los cerdos y en la gestión de estos recursos. Para las variables fisicoquímicas del agua se concluye que la temperatura del agua de la Granja B presentó valores superiores, mostrando diferencias entre los puntos de muestreo. En cuanto al potencial de hidrógeno de las muestras de agua en la granja A, éste presentó valores por debajo del criterio permitido. La conductividad eléctrica, el cloruro y la dureza del agua provenientes de ambas granjas se mantuvieron por debajo de los límites máximos.

Los recuentos de bacterias aerobias mesófilas estuvieron por encima del límite máximo en todos los puntos de muestreo pozo profundo, tanque elevado, área de maternidad e iniciación. Se evidenció una mayor concentración de BAM en la zona de maternidad e iniciación, lo que predispone un mayor riesgo de contaminación bacteriana en comparación con otros puntos de muestreo. Las poblaciones de coliformes totales estuvieron por encima del límite permisible en todos los puntos de muestreo para ambas granjas, excepto para el agua captada del pozo profundo de la Granja B. Los promedios de coliformes fecales y *Escherichia coli* para ambas granjas en todos los puntos de muestreo, estuvieron por encima del límite permisible, excepto para las muestras provenientes de pozo profundo. La granja B presentó valores más adecuados en los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos en comparación a la granja A.

Referencia

- APHA-AWWA-WEF, (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (21^a edition.). Nueva York: USA. pp. 2-27.
- Audesirk, T., Audesirk, G., Byers, B., (2013). *Biología: La vida en la tierra con fisiología*. Ciudad de México: Editorial Pearson.
- Babot, D., Sancho, V., Pascual, S., Cartanyà, J., Parera, J., (2020). Guía para la gestión del agua en la explotación porcina. Lleida: InterporcSpain, Universidad de Lleida.
- Barrenechea, A., (2005). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Disponible en línea en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Bontempo, V., Savoini, G., (2009). Calidad de agua para cerdos. Departamento de Ciencia Veterinaria y Tecnología para la Seguridad Alimentaria, Italia, Universidad de Milán. Disponible en línea en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_porcia/134
- Brenner, D., Farmer J., (2015). Enterobacteriaceae. Bergey's Manual, pp.1-24.
- Cabrera, A., Pacheco, J., Coronado, V., (1997). Presencia de organismos coliformes fecales en el agua subterránea de una granja porcícola en el -Yucatán. México. <https://kipdf.com/presencia-de-organismos-coliformes-fecales-en-el-agua-subterranea-de-una-granja-5aad40da1723dd54f51518c4.html>.
- Castillo, A., Guerrero, K., González, C., Mateus, M., García, G., Gómez, L., Gómez, D., Vargas, N., Jaramillo, D., (2022). Calidad e inocuidad del agua de bebida en diferentes sistemas de producción animal: experiencia en municipios del departamento del Meta, Colombia. [Quality and safety of drinking water in different animal production systems: in municipalities of Meta department, Colombia]. *Revista de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA*, 36 (1), pp. 67-76. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/artic/view/2259/973>
- Coelho, A., Pinheiro, M., (2014). Calidad microbiológica del agua en granjas de conejos en el noreste de Portugal. [Microbiological quality of water supply in rabbit farms in northeastern Portugal]. *Revista de Investigación Veterinaria*, 20(2), pp. 45-52. <https://issuu.com/grupoagrnews/docs/cuninews-julio-2014>.
- Corimayo, S., Aparicio, M., Rajal, V., Cruz, M., (2020). Consecuencias de la pandemia mundial COVID-19 en los sistemas de distribución de agua potable. In: 8vo Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/156166/CONICET_Digital_Nro.4f3990aed80e48879417fd74cb54f393_G.pdf?sequence=8&isAllowed=y.
- Costanzo, L., (2014). *Fisiología* (5 edición). Barcelona: Elsevier.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas

- Industriales), (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Definiciones. Fondonorma, 2634-02. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (1991). Calidad del agua para consumo humano. Fondonorma 2771. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (1993). Alimentos. Preparación e identificación de muestras para el análisis microbiológico. Primera revisión. Fondonorma 1126-89. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (1994). Agua Potable. Toma de muestra. Fondonorma 2514-89. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (1996). Alimentos. Determinación del número más probable de coliformes totales, fecales y *E. coli*. Primera revisión. Fondonorma 1104-96 Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (1979). Alimentos. Determinación del pH. Fondonorma 1315-79. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (1982). Agua potable envasada. Requisitos. Primera revisión. Fondonorma 1431-82. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). (1987). Alimentos. Método del recuento de bacterias aerobias en placas de Petri. Segunda revisión.. Fondonorma 902-87. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (1989). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de la conductividad eléctrica. Primera revisión. Fondonorma 3050-93. Caracas Venezuela.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo. Fondonorma 2709-02. Caracas, Venezuela.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., González I., Tablada, E., Díaz, M., Robledo, C., Balzarini, M., (2018). InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Edwards, L., (2018). Drinking water quality and its impact on the health and performance of pigs. Final Report prepared for the Co-operative Research Centre for High Integrity Australian Pork. Australia.
- Edwards, L., Crabb, H., (2021). Water quality and management in the Australian pig industry. *Animal Production science*, 61(7), pp. 637-644. <https://www.publish.csiro.au/an/pdf/AN20484>
- ELIKA (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria), [mayo, 2012]. *El agua en las explotaciones ganaderas* (ELIKA). <https://ganaderia.elika.eus/wpcontent/uploads/sites/9/2017/12/ART%C3%8DCULO-AGUA-MAQUETADO-cast.pdf>.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela 5.021, (1995). Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidas. Decreto N° 883. Caracas, Venezuela.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela 36.395, (1998). Normas sanitarias de calidad del agua potable. Capítulo II: De los aspectos microbiológicos. Depósito legal. Caracas, Venezuela.
- Garrido, I., (2021). El agua como nutriente esencial en producción porcina. *AnaPorc XVII*, pp. 1-7. <https://www.archivo-anaporc.com/2021/08/21/el-agua-como-nutriente-esencial-en-producci%C3%B3n-porcina/>
- Gieco, J., Venturino, J., Ormaechea, M., Spizzo, S., Dragan, A., Sequin, C., Rosenbrock, A., Reynafé, M., (2020). Calidad del agua de bebida para aves en granjas avícolas de la región centro-oeste de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Granjas de postura comercial. Suplemento CDyT*, 10(10), pp. 71-83. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/211458>
- González, M., (2008). *Temas selectos de química 2*. Ciudad de México: Editorial ST.
- Guerrero-Legarreta, M., (1991). *El agua.*, Ciudad de México: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Gutiérrez, N., Linares, C., (2018). Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del “Río Chillón”, distrito de Puente Piedra, Perú. Tesis para optar al título de Profesional de Químico Farmacéutico. Universidad María Auxiliadora. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/173>
- Gutiérrez, L., Matiz, L., (2007). Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua en pollos de engorde con el uso del peróxido y cloro. Tesis de grado para optar al título de Zootecnista. Universidad la Salle, Bogotá. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1178&context=zootecnia>
- INAMEH, [mayo, 2023]. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología* <http://www.inameh.gob.ve/>
- ICA, (2011). Instituto Colombiano Agropecuario. Buenas

- prácticas de producción porcícola. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Jenkins, D., (1999). *Química del agua* (1 edición). Ciudad de México: LIMUSA.
- Kober, J., (1993). Agua: el nutriente más limitante. *Practica Agrícola*.
- Kopp, S., García, S., Patiño, S., (2015). Calidad microbiológica estacional del agua de bebida para cerdos: análisis comparativo en establecimientos porcinos de la zona núcleo de la provincia de Córdoba. *SENASA*, (9), pp. 15-20. <https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/CALIDAD%20MICROBIOLOGICA.pdf>
- López-Brea, F., (1996). Empleo del agua en porcino. *Revista MG Mundo ganadero*, 74, pp. 41-46. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf/MG/MG_1996_74_41_46.pdf
- Lozinski, B., Frederick, B., Saqui-Salces, M., Shurson, G., Urriola, P., Wilson, M., Johnston, L., (2022). Effects of water quality on growth performance and health of nursery pigs. *Translational animal science*, 6(1), pp.txac002. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8827558/>
- Luján, U., Bachetti, R., Damilano, G., Morgante, V., Ingaramo, R., Saino, V., Morgante, C., (2019). Calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del centro-sur de Córdoba. Argentina. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), pp. 839-848. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0188-49992019000400839
- Magapor, [mayo, 2021]. *Especialistas en reproducción porcina*. https://magapor.com/wpcontent/uploads/2021/06/SP_CatalogoMagapor_2021.pdf
- Matlock, M., Thoma, G., Boles, E., Leh, M., Sandefur, H., Bautista, R., Rick, R., (2011). A life cycle analysis of water use in U.S. pork production. Comprehensive report. University of Arkansas.
- Molina, M., Del Cerro, F., (2022). La importancia del agua de bebida en la explotación. *AnaPorc*, XIX, pp. 1-2. <https://www.archivo-anaporc.com/2022/05/25/la-importancia-del-agua-de-bebida-en-mi-explotaci%C3%B3n/>
- NCR, (2012). Normas de calidad del agua para consumo humano. Costa Rica.
- Ochoa, T., (2005). Diarrea producida por *Escherichia coli*. *Diarrea*, pp. 17-21 https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/speit/2006_n2/pdf/a03.pdf.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (1999). *Guías para la calidad del agua potable, recomendaciones* (Segunda edición). Malta: OMS.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2003). Total dissolved solids in drinking-water. Documento en línea. Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/16). Potable Numero S.G.-018-98.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2006). Agua. Saneamiento y salud: enfermedades relacionadas con el agua. Ginebra (Suiza).
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (Cuarta edición). Lima: OMS.
- PorciNews, [mayo, 2017]. *Calidad microbiológica del agua de bebida en cerdos Parte 2*. (PorciNews) <https://porcinews.com/calidad-microbiologica-del-bebida-cerdos-parte-2/>.
- Quiles, A., Hevia, M., (2003). La importancia de la calidad del agua en la cría de cerdos. *Revista Ganadería*, (23), pp. 44-49. https://www.researchgate.net/publication/28279031_La_importancia_de_la_calidad_del_agua_en_la_cria_de_cerdos
- Quintero, D., Herrera, I., (2009). Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio Valledupar-Cesar. Trabajo de grado para la obtención del título de Microbiólogo. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia.
- Quispe, J., (2016). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de riego de la Estación Experimental de Cota Cota, La Paz-Bolivia. Tesis para obtener el título de Ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Real Decreto 140, (2003). Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Madrid, España: Boletín Oficial del Estado Español.45:3596.
- Rivas, M., Alfaro, M., Gómez, E., Silva, R., (2016). Calidad bacteriológica y pH del agua en una unidad de producción porcina ubicada en el Rincón de Monagas, Estado Monagas, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 34 (2), pp. 127-133. <http://www.publicaciones.inia.gob.ve/index.php/zootecniatropical/article/view/96>
- Sager, R. (2018). Calidad de agua para bebida de los

- animales. En INTA, Guía de calidad del agua de bebida en animales. Buenos Aires.
- Sánchez, J., Álvarez, T., Pacheco, J., Carrillo, L., González, R., (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII (4), pp. 75-95 ISSN. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353549828005>
- Tosoni, S., (2020). Agua, nutriente esencial en producción porcina. Vetifarma.
- Willey, J., Andman, K., Wood, D., (2020). *Prescott's Microbiology*. (Eleventh edition). New York: McGraw Hill.
- Wilson, L., (2005). Backward probability model using multiple observations of contamination to identify groundwater contamination sources at the Massachusetts Military Reservation. Department of Earth and Environmental Science, New México Institute of Mining and Technology, Socorro, New Mexico, USA. Vol.: 41.
- WWAP (World Water Assessment Program), (2003). Agua para todos. Agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los recursos Hídricos en el Mundo.
- Zamora, J., (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica*, 9 (12-13), pp. 125-134. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/2842>
- ZIX, [diciembre 2019]. *Agua de bebida en cerdos, calidad e higiene* (Zick). <https://www.bbzx.com/agua-de-bebida-en-cerdos-calidad-e-higiene/>
- Zúñiga, I., Samperio, H., (2019). Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 39(3), pp. 86-92. https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Zuniga/publication/337290298_Importancia_de_la_cloracion_del_agua_sitios_de_abastecimiento_con_presencia_de_bacterias_patogenas/links/5dcf0363a6fdcc7e13841354/Importancia-de-la-cloracion-del-agua-sitios-de-abastecimiento-con-presencia-de-bacterias-patogenas.pdf
- Recibido:** 15 de marzo de 2024
- Aceptado:** 10 de octubre de 2024
- Eduardo Moreno**, Ing. en Producción Animal. Diplomado en Ganadería Bovina Productiva. Universidad de Oriente. Venezuela. Correo electrónico: eduardomfe17@gmail.com <https://orcid.org/0009-0007-4713-2982>
- Magalys Rivas**, MSc en Agricultura Tropical, Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela. Correo electrónico: magalysrivas@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0329-6030>
- Mayra Alfaro**, MSc en Agricultura Tropical, Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela. Correo electrónico: mayrabalfaroe@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1357-3812>
- Nicoleta Maftei**, PhD en Ingeniería Industrial. Profesor titulado en Farmacia. Universidad de Galati "Dunarea de Jos", Galati, Romania. Correo electrónico: nicoleta.aron@ugal.ro <https://orcid.org/0000-0003-0918-5534>
- Guillermo Centeno**, Doctor en Química Tecnológica por la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Investigador del Centro de Oceanología y Estudios Antárticos. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Correo electrónico: gcenteno1@uc.edu.ve <https://orcid.org/0000-0003-1436-4764>
- Ana Ramos**, PhD en Ciencias y Tecnología Agraria y Alimentaria por la Universidad de Lleida, Lleida, España. Investigador del Centro de Oceanología y Estudios Antárticos. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. <https://orcid.org/0000-0003-4587-7327>

