









Calidad e inocuidad del agua de bebida de sistemas de producción animal: experiencia en municipios del departamento del Meta, Colombia

Quality and Safety of Drinking Water for Livestock: Experience in Municipalities from Meta Province, Colombia

 Luz Natalia Pedraza Castillo ^{1*}  Karen Guerrero Pinto ¹  Marco Ferney Mateus Rey ¹ 
Gina Lorena García Martínez ¹  Luz Adielá Gómez Leal ¹  David Gómez Beltrán ¹
 Natasha Vargas Molina ¹  Dumar Alexander Jaramillo Hernández ¹

¹ Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia

*Autor de correspondencia: Luz Natalia Pedraza Castillo. Universidad de los Llanos, Escuela de Ciencias Animales. Kilómetro 12 Vía a Puerto López, Vda. Barcelona, Villavicencio, Meta, Colombia. npedraza@unillanos.edu.co

Recibido: 28 de septiembre de 2020
Aprobado: 25 de mayo de 2022
Publicado: 20 de septiembre de 2022

Editor temático: María del Pilar Donado Godoy, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]

Para citar este artículo: Pedraza Castillo, L. N., Guerrero Pinto, K., Mateus Rey, M. F., García Martínez, G. L., Gómez Leal, L. A., Gómez Beltrán, D., Vargas Molina, N., & Jaramillo Hernández, D. A. (2022). Calidad e inocuidad del agua de bebida de sistemas de producción animal: experiencia en municipios del departamento del Meta, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(3), e2259. DOI https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num3_art:2259

Resumen: La calidad e inocuidad del agua de bebida de los animales de abasto es esencial para garantizar la salud y bienestar animal. El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad e inocuidad del agua de consumo de animales de abasto para identificación de condiciones sanitarias de predios en los municipios de El Dorado y Granada (Meta, Colombia). Se seleccionaron 60 sistemas de producción animal donde se tomaron muestras de agua desde puntos de extracción y abastecimiento tanto para animales como para humanos. Se analizaron sus características fisicoquímicas (pH, Ammonio-amonio, nitratos y nitritos) y microbiológicas (recuento de organismos mesófilos aerobios y facultativos, así como determinación de coliformes totales y fecales). El pH del agua de los sistemas de producción varió entre 6,0-7,2 en Granada y 7,2-7,6 en El Dorado. Respecto a nitratos y nitritos, todos los valores fueron considerados normales. Los valores de amoniacio-amonio variaron entre 0-1 ppm en los sistemas de producción de Granada y entre 0-0,5 en los sistemas de producción de El Dorado. En relación con la presencia de bacterias coliformes totales y fecales, se encontró en el 100 % de las muestras. El 58 % de los predios del municipio de El Dorado presentaron valores ≥ 48.000 ufc/100 mL de microorganismos mesófilos aerobios, mientras que en el municipio de Granada el porcentaje más alto de microorganismos mesófilos aerobios se encontró entre 100-1.000 ufc/100 mL. Todos los sistemas de producción animal presentaron en su agua de bebida contaminación por coliformes fecales, siendo un riesgo para la salud humana y animal al ser fuente de enfermedades transmitidas por el agua.

Palabras clave: agua para consumo animal, calidad del agua, enfermedades transmitidas por agua, inocuidad, producción animal, salud pública, polución del agua.

Abstract: Safe drinking water is essential for our livestock in order for them to live a prosperous life. The objective of this research was to determine the quality and safety of drinking water for animals in farms to identify the sanitary conditions of some farms in the villages of the municipalities of El Dorado and Granada (province of Meta, Colombia). A total of 60 animal production systems were selected, and water samples were taken from the extraction and supply points for both animals and humans. The samples were analyzed for their physical and chemical characteristics (pH, Ammonia-Ammonium, Nitrates, and Nitrites) and the microbiological quality (count of aerobic mesophilic organisms and determination of fecal coliforms). The pH values of the drinking water of the animal production systems ranged between 6.0 - 7.2 in Granada and 7.2 - 7.6 in El Dorado. Regarding Nitrates and Nitrites, all the farms' values were considered normal. Ammonia-Ammonium values varied between 0 - 1 ppm in the Granada production system and 0 - 0.5 in the El Dorado production system. The presence of fecal coliform bacteria was found in 100 % of the samples. Fifty-eight percent (58 %) of the farms in El Dorado presented values $\geq 48,000$ CFU/100 ml of aerobic mesophilic microorganisms. In the municipality of Granada, the highest percentage of aerobic mesophilic microorganisms was between 100 - 1000 CFU/100 ml. All animal production systems had their water with poor microbiological quality as fecal coliforms contaminate it. These results expose the risk that this water represents to human and animal health as it is a source of waterborne infectious diseases.

Keywords: animal production, drinking water, quality water, public health, waterborne diseases, water for animal consumption, water pollution.



Introducción

Durante años, el departamento del Meta se ha caracterizado por ser uno de los cuatro territorios departamentales con mayor presencia de bovinos en Colombia, y con mayor concentración de tierras destinadas a la ganadería (Benítez, 2017). Asimismo, en el 2018 el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) reportó un importante crecimiento de sistemas de producción ovina, avícola y piscícola en la región del Ariari, zona geoclimática específica del Meta (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2018).

Las condiciones sanitarias y de inocuidad de dichos sistemas de producción, específicamente las de ganado bovino, el más representativo en la región, se encuentran reglamentadas en la Resoluciones ICA N.º 2341 de 2007 y N.º 2640 de 2007 para la producción primaria destinada al sacrificio para consumo humano, y define “las Buenas Prácticas en la Alimentación Animal”. Dicha regulación ha determinado que todo predio deberá minimizar los riesgos asociados a la producción, lo que incluye la verificación de la calidad del agua, la identificación de las fuentes de agua e implementación de acciones para su protección y mantenimiento para, de esta forma, garantizar el bienestar de los animales y la inocuidad de los alimentos que de ellos derivan (ICA, 2007a, b).

En el mundo, los estudios que investigan la percepción del riesgo de inocuidad alimentaria han aumentado sustancialmente en los últimos años (Machado et al., 2020). Sin embargo, en la región de los Llanos Orientales, específicamente en el departamento del Meta, no existen estudios previos que relacionen la calidad del agua de consumo de los animales con su productividad, ni cómo estos resultados pueden influir en la calidad de vida de las personas, principalmente en las zonas rurales con sistemas de producción a pequeña escala. El agua de bebida en los sistemas de producción animal tiene un efecto directo en sus indicadores productivos. Willms et al. (2002) informaron que las novillas de reemplazo de un año de edad que tenían acceso al agua limpia ganaron un 23 % más de peso que las novillas con acceso a aguas superficiales incautadas (es decir, agua de estanques).

En el departamento del Meta, son inexistentes los programas sanitarios que fortalezcan la implementación de buenas prácticas frente a la calidad del agua de consumo de los animales. Así pues, a pesar de contemplar condiciones de bienestar animal que se basan en garantizar mínimos requisitos como la disposición de agua de bebida a voluntad y en condiciones higiénicas que no afecte la salud de los animales, ni la inocuidad de los productos que de ellos se obtenga, no existe en el país claridad frente a las condiciones microbiológicas exigidas en el agua de bebida para minimizar el impacto sobre la salud de los animales. Las condiciones de calidad fisicoquímica del agua para consumo animal en Colombia se reglamentan por el Decreto N.º 1594 de 1984 (tabla 1); a su vez, la autoridad zoonosanitaria del país, el ICA, establece en su normativa, a través de la Resolución N.º 2341 de 2007, que “El agua destinada para uso pecuario debe cumplir con los criterios de calidad admisibles establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o de la norma que lo modifique o sustituya” (ICA, 2007a).

Tabla 1. Criterios de calidad del agua de bebida en animales de producción en Colombia, contemplados en el Decreto 1594 de 1984*.

Referencia	Expresado como	Valor (mg/L)
Aluminio	Al	5,0
Arsénico	As	0,2
Boro	B	5,0
Cadmio	Cd	0,05
Cinc	Zn	25,0
Cobre	Cu	0,5
Cromo	Cr ⁺⁶	1,0
Plomo	Pb	0,1
Mercurio	Hg	0,01
Nitratos + Nitritos	N	100
Nitrito	N	10
Contenido de sales	Peso total	3.000

* Criterios de calidad para el empleo del agua para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales.

Fuente: Elaboración propia con base en el Decreto 1594 de 1984.

En los países en vías de desarrollo, los problemas de contaminación del recurso hídrico debido a la falta de saneamiento básico se relacionan principalmente con sectores vulnerables de la población (Qadir et al., 2010). Sin embargo, los pocos estudios relacionados con la calidad del agua a nivel regional dejan muchos interrogantes, especialmente relacionados con el agua de consumo de los animales, de lo cual, desde el conocimiento de los autores, no existen registros en la zona.

El inadecuado almacenamiento de agua para consumo humano y animal, así como la falta de un sistema para el manejo y disposición de aguas residuales domésticas apropiado al interior de las viviendas, pone en riesgo la salud de la población ubicada en las zonas rurales, en especial la de los menores de cinco años, quienes son más propensos a contraer enfermedades transmitidas por el agua (Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia [CONPES], 2014).

En el 2017, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) reportó, en su informe sobre la calidad del agua para el Departamento del Meta, que el nivel de riesgo en el municipio de El Dorado es “medio”, mientras que en el municipio de Granada es “alto” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018), siendo entonces estas fuentes de agua inviables

sanitariamente. Teniendo en cuenta que la distribución del agua para los sistemas de producción animal proviene de la misma fuente que el agua de consumo humano, se considera necesario generar acciones para mejorar la calidad del agua suministrada y minimizar así riesgos a la salud pública y animal. Por lo anterior, este estudio observacional de tipo transversal evaluó los parámetros de calidad e inocuidad del agua de bebida de animales domésticos destinados al abasto (carne y leche, principalmente) en sistemas de producción pecuarios de dos municipios del departamento del Meta (Colombia). Esta investigación es de carácter exploratorio y pretende establecer una línea base de investigación.

Materiales y métodos

Sistemas de producción animal implicados en el estudio

Las muestras recolectadas para analizar se obtuvieron de los sistemas de producción animal de los municipios El Dorado y Granada, ubicados en el departamento del Meta, Colombia. El municipio El Dorado tiene una extensión territorial que alcanza un área de 115 km², con una temperatura ambiental en un rango de 15 °C a 25 °C, y a una altura entre 550 y 1.700 m s. n. m. Geográficamente está situado en la subregión del alto Ariari, ubicado en la parte alta de la cuenca del río Ariari (Secretaría de Planeación y Desarrollo Territorial del Meta, 2008). Los 30 predios muestreados de este municipio se encuentran en la vereda La Meseta, ubicada a 5 km del centro urbano, sobre la carretera. Cada uno de los predios muestreados en esta zona geográfica cuenta con un tanque de almacenamiento conectado al mismo sistema de acueducto veredal para la distribución del agua, y todos los propietarios manifestaron disponer, por medio de sistemas artesanales, del agua para consumo de los animales, la cual no cuenta con ningún tratamiento básico. De la misma forma, los propietarios manifestaron la utilización de la misma fuente de agua almacenada para labores domésticas, que incluyen cocción de alimentos y aseo personal de los miembros de las familias. Las muestras de agua para esta investigación se tomaron directamente de los tanques de almacenamiento proveniente del acueducto veredal, todos ubicados en lugares muy cercanos a los predios y con presencia de animales que, en este caso, no constituyen sistemas productivos a gran escala y sí, por el contrario, animales de traspatio. En la figura 1 se presenta la caracterización general de los sistemas de producción animal encontrados para esta vereda.

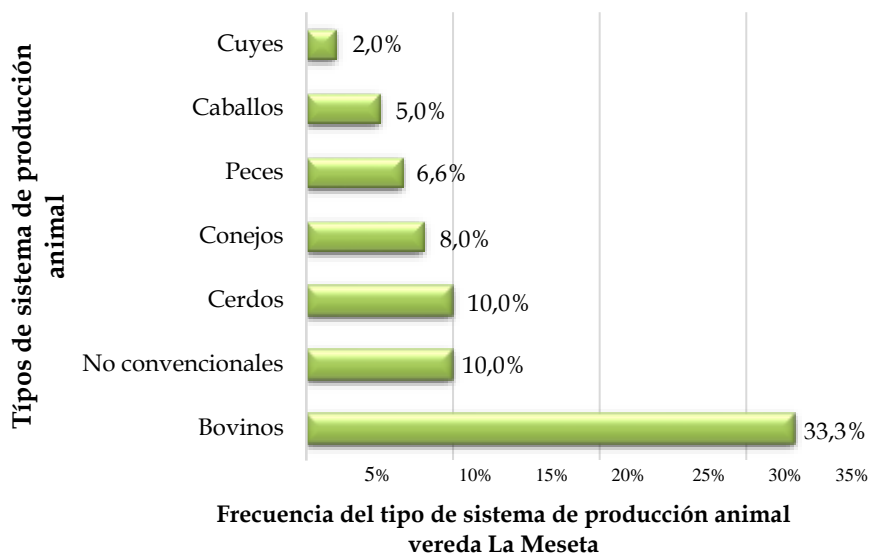


Figura 1. Sistemas de producción animal asociados al estudio de la vereda La Meseta en el municipio de El Dorado (%).

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el municipio de Granada cuenta con un área de 350 km² a una elevación de 372 m s. n. m., con una temperatura promedio que varía entre 25 °C y 30 °C, y con una humedad relativa de 84 % (Pulido et al., 1999). Los sistemas de producción vinculados al estudio se encuentran ubicados en la vereda Los Maracos, ubicada a 4 km del casco urbano. Allí fueron muestreados otros 30 predios, con sistema de almacenamiento de agua tipo aljibe, que son depósitos de agua subterránea a una profundidad aproximada de 1,5-3 m, que por medio de sistema de tubería divide y distribuye el agua destinada a las labores domésticas y el agua de consumo de los animales. Cada uno de los predios de esta segunda zona geográfica tiene como medio de almacenamiento agua de aljibe, donde se tomó la muestra de agua respectiva. Estos aljibes se encuentran muy cerca de las viviendas en las que las personas conviven con animales que conforman parte del sistema familiar de producción animal y que se pueden incluir en lo que se denomina *producción con animales de traspatio*. En la figura 2 se presenta la caracterización de los sistemas de producción animal para los predios de esta vereda incluidos en el estudio.

Muestras de agua de consumo animal

La toma de las muestras de agua se realizó de acuerdo con las consideraciones establecidas en el *Manual para la toma de muestras*, del Laboratorio de Microbiología de la Universidad de los Llanos (1988), que coincide con lo establecido en el *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis*, del Laboratorio del Instituto Nacional de Salud (INS, 2011).

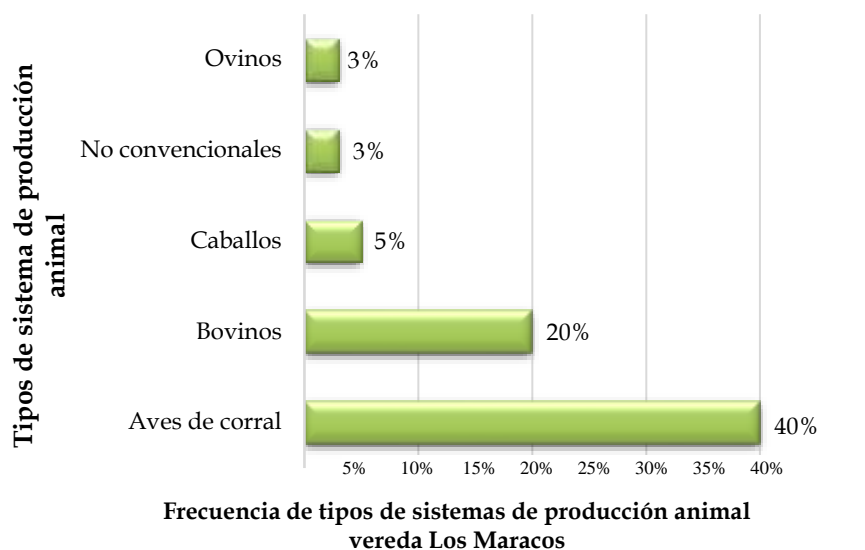


Figura 2. Sistemas de producción animal asociados al estudio de la vereda Los Maracos en el municipio de Granada (%).

Fuente: Elaboración propia

La toma de muestras de agua en los sistemas de producción animal se realizó en los aljibes y tanques de almacenamiento, para cada uno de los predios tanto del municipio de Granada como de El Dorado, respectivamente. Para ambos casos, se sumergió el frasco colector de muestra debajo de la superficie del agua (15-30 cm), evitando así recolectar material flotante. Se dispuso una etiqueta al frasco con datos como lugar, fecha y hora del muestreo. La muestra se colectó en frascos de vidrio neutro esterilizados, de boca ancha, con tapa protectora y cierre hermético, para evitar escapes, con capacidad de 120 mL, con el objeto de tomar una muestra de 100 mL en cada caso; de esta manera, se dejó un espacio vacío que facilita la agitación del agua antes del examen. Cada muestreo duró entre tres y cuatro minutos en promedio.

Las muestras se transportaron en cavas resguardando una temperatura de 5 °C a 8 °C. El tiempo de transporte de las muestras al lugar de procesamiento tuvo una duración de cinco a seis horas. El análisis en el laboratorio fue inmediato a su recepción.

Análisis fisicoquímico de las muestras de agua

Para el análisis fisicoquímico del agua, se tuvieron en cuenta los parámetros de pH, amoníaco (NH_3) - amonio (NH_4^+) en partes por millón (ppm), y nitratos (NO_3^+) y nitritos (NO_2^-) en ppm, ambos evaluados con un kit de prueba maestra de agua dulce. Para dicho procedimiento, se aplicó la metodología manual propuesta por el fabricante del kit colorimétrico API® Freshwater master test kit (API, 2020). Para el caso del amoníaco-amonio, este kit de prueba se realiza con base en salicilatos leyendo el nivel total de amoníaco en ppm (equivalente a miligramos por litro

(mg/L)). Todos los resultados fueron leídos a través del “color chart” que forma parte del kit. Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua de consumo animal relacionados con los valores de nitritos y nitratos, fueron tenidos en cuenta los criterios contemplados en el Decreto N.º 1594 de 1984 (tabla 1), en el que se presentan los datos explícitos de la norma no modificables ni ajustables.

Análisis microbiológico de las muestras de agua

Para la realización del análisis microbiológico, se determinó el recuento de organismos mesófilos aerobios y facultativos viables, a través del método de recuento en placa, establecido de acuerdo con la metodología de unidades formadoras de colonias (UFC); para ello, se utilizó el método horizontal a 30 °C, basado en la Norma ISO 4833, modificada por Allaert y Escolá (2002). La lectura y cálculo de resultados se reportó como recuento estándar en placa por mililitros (mL), y se eligieron las dos cajas correspondientes a una dilución que presentara 30 y 300 colonias, contando todas las colonias de cada caja. Los resultados fueron presentados en UFC/100 mL y agrupados de acuerdo con los siguientes parámetros de presencia de organismos mesófilos aerobios y facultativos: ≥ 48.000 , < 48.000 y > 40.000 , < 40.000 y > 30.000 , entre 20.000 y 10.000, entre 9.000 y 1.000, entre 1.000 y 100 y < 30 .

Para la determinación de coliformes fecales, se utilizó la técnica de los tubos múltiples (número más probable [NMP]) con el sustrato cromogénico y fluorogénico caldo Fluorocult® (Merck KGaA, Alemania). El resultado después de 24 horas se reporta en hallazgos de organismos coliformes totales/100 mL y coliformes fecales/100 mL, divididos de acuerdo con los siguientes parámetros de presencia de estos microorganismos: ≥ 1.100 , 100-1.000, > 3 - < 100 , < 3 y 0.

Diseño estadístico

Los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico fueron tabulados en las unidades de medida específicas para cada variable, por cada uno de los municipios, con su respectivo sistema de almacenamiento de agua: aljibe o tanque de almacenamiento. La estadística descriptiva (mediana, mínimo y máximo) se realizó usando el *software* OpenStat v. 4.0. Se determinó la calidad e inocuidad del agua muestreada de acuerdo con los lineamientos nacionales respectivos, o extrapolando datos de reglamentación nacional en salud humana o las recomendaciones internacionales respectivas.

Resultados y discusión

En la tabla 2 se presentan los resultados de los indicadores fisicoquímicos de la calidad de agua determinados, los cuales fueron pH, amoníaco, nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-). Es inexistente en Colombia una referencia de los valores de pH, así como los de amoníaco (NH_3)-amonio (NH_4^+) aceptados en el agua de consumo animal; diferente es el caso de nitritos y nitratos, que sí son considerados dentro del Decreto 1594 de 1984 (tabla 1).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos (pH, amoníaco, nitratos y nitritos) del agua de bebida de los sistemas de producción de los municipios de Granada y El Dorado.

Variable	Municipios				
	Granada (30)			El Dorado (30)	
	N.º	%	N.º	%	
pH	Mediana (mín.-máx.) 6,4 (6-7,6)		Mediana (mín.-máx.) 7,6 (7,2-7,6)		
6	10	33,3	0	-	
6,4	8	26,6	0	-	
6,6	10	36,6	0	-	
7,2	1	3,33	1	3,33	
7,6	1	-	29	96,6	
Amoniaco- amonio (ppm)	0,25 (0-1)		0,25 (0-0,5)		
0	10	33,3	7	23,3	
0,25	15	50	22	73,3	
0,5	4	13,3	1	1,6	
1	1	3,3	0	0	
Nitritos (ppm)	0		0		
0	30	100	30	100	
Nitratos (ppm)	5 (0-20)		0 (0-5)		
0	15	50	22	73,3	
5	9	30	8	26,6	
10	4	13,3	-	-	
20	2	6,6	-	-	

N.º: número de predios de cada municipio; ppm: partes por millón; %: Proporción correspondiente; mín.: mínimo; máx.: máximo.

Fuente: Elaboración propia

Los valores observados de pH en el agua de bebida de los sistemas de producción animal de El Dorado se encontraron entre 7,2 y 7,6, y en Granada de 6 a 7,6. Respecto a estos hallazgos, Morgan (2011) describió que el pH de preferencia para el agua de consumo en ganado lechero es de 6,0-8,0, y la mayoría de autores coinciden en que el rango mínimo de pH considerado óptimo para el consumo de agua en los bovinos es 6 (Bavera, 2011; Morgan, 2011). Sin embargo, las principales variaciones se reflejan en el valor de pH máximo considerado normal, en donde los rangos de pH varían desde 7,5 a 9. No existe un estudio realizado en el país en el que se defina con claridad este rango; no obstante, tomando en cuenta los parámetros anteriormente mencionados, se considera que el pH del agua de bebida de los sistemas de producción animal del municipio de Granada y El Dorado se encontraron dentro de los valores aptos considerados para la especie, que coincide con los resultados encontrados por Fernández et al. (2010) en Argentina, quienes reportan valores de pH con rangos óptimos entre 6 y 7,5 para el agua de bebida de bovinos.

El pH del agua ofertada a los animales afecta directamente los volúmenes de consumo, al estar asociado a disminución de su palatabilidad en rangos de pH menores a 5,5 y mayores a 8,3 (Morgan, 2011). Por otro lado, el pH del agua, aparte de las consideraciones del lugar específico de oferta hídrica a los animales-bebederos, también debe evaluarse desde su sistema de albergue (captación) y conducción. Según Boone y Xun (1987), valores de pH mayor a 7,0 favorecen el crecimiento microbiano y la reproducción de bacterias patógenas involucradas en la biodegradación de la materia orgánica disuelta en agua. Asimismo, la corrosión de los sistemas de distribución de agua causada por las alteraciones de pH puede favorecer la contaminación del agua de bebida con metales como hierro, cobre, plomo o cadmio (Bavera, 2011).

Por otro lado, respecto a los hallazgos de los niveles de amoníaco en el agua ofertada para los sistemas de producción animal, se debe partir de que este compuesto se encuentra constantemente en el medio ambiente debido a la degradación natural de las diversas fuentes orgánicas (*e. g.*, heces, fertilizantes, plantas) (Joseph et al., 2020), y de otras fuentes no naturales como lo son procesos industriales o aguas servidas, como también la excreción de desechos nitrogenados y la escorrentía de tierras agrícolas (Zhang et al., 2018). En los sistemas de producción del municipio de Granada, los valores de amoníaco variaron entre 0-1 mg/L, mientras que en el municipio El Dorado, entre 0-0,5 mg/L (tabla 2). A pesar de existir muchos interrogantes sobre el impacto potencial del amoníaco en la salud humana debido a su abundancia en las fuentes de agua por las razones antes mencionadas, en Colombia el agua potable para consumo humano tampoco cuenta con la reglamentación específica de máximos existentes de este tipo de xenobiótico. El amoníaco es una sustancia corrosiva y los efectos principales de su exposición ocurren en el sitio de contacto directo (por ejemplo, piel, ojos, sistema respiratorio y digestivo) (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ASTDR], 2004). La concentración de amoníaco es dosis-dependiente para la generación de alteraciones inflamatorias de contacto en los tejidos, donde 20-50 ppm en el aire se considera lesivo. Por otra parte, este compuesto tiene como límite máximo 0,5 mg/L en el agua potable según guías internacionales (Joseph et al., 2020). Por consiguiente, en solo un sistema de producción animal del municipio de Granada (3,3 % de los muestreados; tabla 2), se debe tener este hallazgo en consideración, dado que existe un registro de amoníaco en agua de bebida tanto de animales como de la familia, de este predio, por encima de 0,5 ppm (en 1 ppm).

En el caso de nitratos y nitritos, Colombia cuenta con una reglamentación que determina la concentración aceptable de estos compuestos en el agua de bebida de animales, según Decreto 1594 de 1984 (tabla 1). Es así como el 100 % de las muestras de los sistemas de producción de Granada y El Dorado arrojaron valores de 0 ppm para nitritos, y los valores de nitratos en los sistemas de producción animal de Granada variaron entre 0-20 ppm, mientras que en El Dorado, entre 0-5 ppm (tabla 2).

La verificación periódica de las concentraciones de estos compuestos nitrogenados debe ser consigna dentro de los sistemas de producción animal, dado que este tipo de compuestos nitrificados juegan un papel preponderante en eventos de naturaleza tóxica en los animales y el ser humano (Oruc et al., 2010). Es así como, en el 2007 en Estados Unidos, 71 caballos se encontraron muertos, y los informes de toxicología revelaron que los altos niveles de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) en el agua de bebida fueron la causa más probable de la muerte. La concentración de nitratos y nitritos en el agua de bebida recolectada poco después de la muerte

de los caballos salvajes presentó niveles de estos compuestos de 3.670 mg/L y 50 mg/L, respectivamente. Se encontraron otros iones en concentraciones igualmente altas, incluyendo 2.100 mg/L de cloruro y 2.100 mg/L de sulfato (Michalski et al., 2010).

Por otro lado, las altas concentraciones de nitritos en contenido ruminal pueden ser tóxicas para la microbiota del rumen, específicamente para los microorganismos celulíticos del rumen a cargo la conversión de alimentos celulósicos inutilizables en formas que pueden suministrar nutrición y energía al animal (Lee & Beauchemin, 2014).

Cabe resaltar que, de acuerdo con los análisis fisicoquímicos del agua de bebida de los animales en los sistemas de producción asociados a la investigación, la presencia de sustancias por encima de los límites recomendados en el agua que consumen los animales (para este caso: amoníaco) puede disminuir la producción de carne, grasa, huevos, leche y reducir la fertilidad (Pérez-Carrera & Fernández-Cirelli, 2005).

La otra parte de la investigación fue el análisis microbiológico del agua de bebida de los animales, lo que es relevante dada la importante relación con enfermedades humanas emergentes en la estrechez de la interfaz humano-animal en sistemas de producción agropecuarios. Se estima que un 39 % de los patógenos que infectan a los animales de abasto también son infecciosos para los humanos (Cleaveland et al., 2001) y pueden estar presentes y ser transmitidos a través del agua de bebida (LeJeune et al., 2001). En las dos veredas de los dos municipios estudiados, el sistema de almacenamiento del agua destinada para el consumo animal es el mismo de uso humano.

Los resultados obtenidos sobre la inocuidad de la oferta hídrica animal en este estudio se ven reflejados en que un 100 % de las muestras presentaron coliformes fecales (tabla 3). Estos resultados coinciden con lo reportado por Arismendi et al. (2018), quien en su investigación sobre la caracterización de la calidad microbiológica del agua de consumo humano en hatos lecheros en el departamento de Antioquia encontró el 93,4 % de las muestras con presencia de 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. Aún en ausencia de normativa nacional específica que exija cero tolerancia en la presencia de coliformes fecales en el agua de bebida de animales, se requiere implementar estrategias que garanticen la calidad del agua de consumo animal, dado que el principio de precaución debe prevalecer, resguardando la salud y bienestar animal y, por ende, la salud pública (Goldstein, 2001).

Por otro lado, a pesar de que la presencia de los microorganismos mesófilos aerobios y facultativos no se ha asociado a la presentación de enfermedades en humanos ni en animales, sí aporta información sobre la inocuidad del agua de consumo (Burrows, 1993; Ríos et al., 2017) y, por esta razón, fueron contemplados dentro de este estudio (tabla 4).

Tabla 3. Presencia de coliformes totales y coliformes fecales en el agua de bebida de los sistemas de producción animal de los municipios de Granada y El Dorado

Coliformes totales/100 mL	Municipios			
	Granada (Total de predios: 30)		El Dorado (Total de predios: 30)	
	N.º	%	N.º	%
	Mediana (mín.-máx.) 43 (< 3-> 1.100)		Mediana (mín.-máx.) >1.100 (< 3-> 1.100)	
≥ 1.100	2	6,60	20	67,74
100 – 1.000	6	20	5	16,12
>3- <100	18	60	4	12,90
< 3	4	13,30	1	3,30
0	-	0	-	0
Coliformes fecales/100 mL	23 (2,6- >1100)		>1100 (<3->1100)	
≥ 1.100	2	6,60	18	61,29
100 – 1.000	4	13,30	7	22,58
>3- <100	19	63,30	4	12,90
< 3	5	16,60	1	3,30
0	-	0	-	0

N.º: número de predios de cada municipio; %: proporción correspondiente; <: menor que; >: mayor que; mín.: mínimo; máx.: máximo. Resultados de acuerdo con la lectura de la tabla de número más probable (NMP) reportada por Allaert y Escolá (2002).

Fuente: Elaboración propia con base en la fuente citada

Tabla 4. Presencia de microorganismos mesófilos aerobios en el agua de bebida de los sistemas de producción animal de los municipios de Granada y El Dorado

Mesófilos aerobios UFC/100 mL	Municipios			
	Granada		El Dorado	
	N.º	%	N.º	%
	Mediana (mín.-máx.) 420 (30-48-700)		Mediana (mín.-máx.) 48-000 (30-48-800)	
≥ 48.000	2	6,76	17	58,06
< 48.000-> 40.000	-	0	2	6,45
< 40.000-> 30.000	-	0	2	6,45
10.000-20.000	4	13,35	-	0
1.000-9.000	1	3,33	-	0
100-1000	19	63,30	8	25,79
< 30	4	13,30	1	3,30

N.º: número de predios de cada municipio; UFC: unidades formadoras de colonia; %: proporción correspondiente; <: menor que; >: mayor que; mín.: mínimo; máx.: máximo. Resultados de acuerdo con la lectura de la tabla de número más probable (NMP) reportada por Allaert y Escolá (2002).

Fuente: Elaboración propia con base en la fuente citada

En Colombia, los criterios de calidad del agua para consumo animal están basados en lo establecido en el Decreto N.º 1594 de 1984. No obstante, dicho Decreto no contempla la presencia de microorganismos como los mesófilos aerobios y facultativos, o hasta de contaminantes como los coliformes totales y fecales. Sin embargo, las Resoluciones ICA N.º 2341 de 2007 y N.º 2640 de 2007 hacen referencia a que el agua empleada en la alimentación animal debe garantizar la inocuidad de los productos obtenidos de los animales, lo que deja espacio para múltiples interpretaciones frente a una exigencia sanitaria altamente necesaria: agua potable para la alimentación animal. Por lo tanto, la identificación y tratamiento de microorganismos patógenos en el agua de bebida es fundamental para disminuir la presentación de enfermedades tanto en animales como en humanos que usarán los productos y subproductos de estos (por ejemplo, para alimentación).

La contaminación con excretas del agua de bebida en sus fuentes de almacenamiento, distribución u oferta ha sido a través del tiempo una de las principales preocupaciones, donde los animales domésticos contribuyen a niveles significativos de contaminación, principalmente de tipo fecal (Schriewer et al., 2015). Aun cuando en este estudio se encontró presencia importante de coliformes totales y fecales en las muestras de agua tomadas a una profundidad de 15-30 cm de la superficie, no es extraño que esas mismas bacterias y demás microorganismos se puedan concentrar hasta 1.000 veces más en los sedimentos (Ashbolt et al., 1993), información que resultan altamente preocupante dada la magnitud de posibles enfermedades transmitidas por el agua que puedan propagarse.

Los hallazgos del presente estudio sobre contaminación bacteriana fecal y mesófila de agua de bebida animal son importantes para estimar las posibles enfermedades transmitidas por el agua hacia los animales. Brahmbhatt (2008, citado por Osweiler, 2011) menciona *Leptospira* spp. en una investigación como contaminante común de las fuentes de agua, atribuyéndole ser causa de abortos tardíos y disminución de la producción de leche en bovinos, además de la presencia de *Fusobacterium* sp. en el agua contaminada, que puede provocar cojera crónica y posible sepsis en estos mismos animales. Por otro lado, Radostits (2007) reportó brotes ocasionales de botulismo en animales de abasto después de beber agua contaminada con cadáveres de animales. Los cadáveres de patos y otras aves acuáticas que han muerto por *Clostridium botulinum* son una fuente común de contaminación (Anniballi et al., 2012). Las sabanas inundables del departamento del Meta, específicamente zonas comprendidas en las regiones del medio y alto Ariari de la Orinoquía colombiana (áreas geográficas de la zona de estudio), poseen condiciones de aves migratorias y locales propicias para que puedan presentarse este tipo de eventos de contaminación del agua (Buriticá, 2016).

Por otro lado, Halaby et al. (2017) reportaron la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas naturales de algunos sitios en Colombia, encontrando diferentes agentes infecciosos contaminantes como *Acinetobacter baumannii*, *A. ivoiffi*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella oxytoca*, *K. pneumoniae*, *Serratia marcescens* y *Vibrio* sp., relacionados principalmente con la generación de infecciones del tracto respiratorio y urinario, sepsis y meningitis en humanos, entre otros.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), como organismo de gestión y prevención de la salud, hace referencia a la importancia del consumo de agua potable debido a la gran cantidad de agentes patógenos zoonóticos encontrados en aguas contaminadas, tales como *Aeromonas* spp.

mesófilas, *Campylobacter* spp., *Cryptosporidium parvum*, *Cryptosporidium* spp., *Entamoeba histolytica*, *Escherichia coli*, *Giardia lamblia*, *Helicobacter pylori*, *Salmonella* spp., *Schistosoma* spp., *Shigella* spp. y *Vibrio cholerae*. Por esta razón, garantizar el consumo de agua potable para los animales de producción no solo es una condición mínima del bienestar animal, sino que también constituye una estrategia para disminuir la presentación de enfermedades transmitidas por el agua, incluyendo agentes patógenos zoonóticos que pueden ser perjudiciales para la salud humana (OMS, 2006).

En la búsqueda de recomendaciones eficientes para el manejo sanitario del agua de bebida de animales en los sistemas de producción animal estudiados, se deberá definir la relación entre la presencia de microorganismos altamente contaminantes como los coliformes fecales encontrados, su impacto en la salud pública y los sistemas de producción animal, partiendo del precepto que la detección de bacterias indicadoras fecales puede inferir contaminación por heces (Meays et al., 2004). Se requiere una mejor comprensión de los patrones de contaminación del agua de origen humano versus animal, y las implicaciones posteriores para la salud humana, para permitir intervenciones efectivas y eficientes (Wardrop et al., 2018).

Es importante resaltar que uno de los aspectos más representativos en este estudio se basó en la identificación de reservorios de agua de un acueducto veredal y de aljibes, en donde se albergan las principales fuentes de agua de consumo de los habitantes de los predios y de donde se obtiene el agua para los animales de producción. Esto genera grandes interrogantes, dado que es cierto que el suelo cumple una función importante en la filtración de agua (Silva & Correa, 2009). Existe evidencia sobre la correlación positiva significativa entre la presencia de ganado doméstico o aves de corral y la enfermedad diarreica en humanos (Kaur et al., 2017). Estas condiciones fueron encontradas en todos los sistemas de producción animal vinculados con el presente estudio, siendo este fenómeno una de las variables inmersas en la posible explicación de la pobre calidad microbiológica del agua.

Aunque no es objetivo directo de este estudio discutir sobre las condiciones de agua de bebida de las personas asociadas a los sistemas de producción animal, sí es necesario mencionar que las fuentes de agua muestreadas son cuerpos de agua compartidos entre animales y personas dentro de los lugares de muestreo. Este estudio también evidenció la presencia de cantidad de coliformes totales y fecales, consideradas inaceptables en agua de bebida de humanos, conforme a la Resolución N.º 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social, y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, la cual establece que no debe haber presencia de coliformes fecales (0 coliformes fecales/100 mL) en agua de consumo humano. Este mismo criterio de cero tolerancia a coliformes fecales es adoptado internacionalmente para agua de bebida en animales por países como Estados Unidos (Gerba & Pepper, 2019), Argentina, Australia, Canadá y Nueva Zelanda (Valente et al., 2019).

Por otro lado, existe una creciente preocupación mundial sobre las zoonosis transmitidas por el agua, donde se hace necesario identificar diferentes causas asociadas a este fenómeno, que pueden ir desde la práctica ganadera hasta el cambio climático y la educación ambiental. En lugares donde existe la presencia de animales enfermos y sus heces sin manejo sanitario adecuado, han sido detectados ooquistes y quistes de parásitos gastrointestinales en el agua no potable (Dufour, 2004). Aunque el presente estudio solo estimó la inocuidad del agua de bebida

desde la óptica microbiológica (enfocada a grupos de bacterias), existen importantes acercamientos desde otros grupos de investigación sobre la contaminación parasitaria del agua y su posible papel en la transmisión de estos y otros agentes. Ejemplo de ello es el trabajo de Alkire (2010, citado por Osweiler, 2011), en el que se incluye, además de agentes virales y protozoarios, a los nematodos, cestodos y trematodos como parte de los organismos capaces de propagarse a través del agua y causar enfermedades en personas.

Conclusiones

Desde la perspectiva de la calidad del agua de bebida de los animales de los predios de los municipios de Granada y El Dorado, se evidenciaron niveles aceptables de nitratos y nitritos en plena coherencia y cumplimiento de la reglamentación nacional; sin embargo, la norma carece de datos de referencia de pH y amoniaco-amonio, cuyos valores pueden impactar el desarrollo productivo y sanitario de los animales. A pesar de no existir valores de referencia a nivel nacional, de acuerdo con extrapolaciones de otras partes del globo, los valores de pH para el agua de consumo animal resultaron aceptables para los sistemas de producción bovino de ambos municipios. El valor de amoniaco-amonio de un solo predio de los treinta muestreados del municipio de Granada fue superior a los recomendados internacionalmente ($> 0,5$ ppm).

Este estudio pone en evidencia la contaminación por coliformes fecales del agua de bebida usada en todos los sistemas de producción animal de ambos municipios del departamento del Meta. Es necesario resaltar la necesidad de abordar a nivel gubernamental la preservación de la salud pública de los pobladores de estas zonas, así como enfocar esfuerzos para lograr el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, específicamente del objetivo 6: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, siendo un tratado internacional firmado por Colombia.

En Colombia es inexistente un estudio nacional o regional que relacione la contaminación del agua y la presentación de enfermedades transmitidas por el agua en los animales, ni de sus efectos en las comunidades. Sin embargo, es aceptado que el agua no potable con deficiencias en calidad y graves consideraciones de inocuidad se convierte en vehículo para la dispersión de enfermedades, incluso aquellas de tipo zoonótico. En ese orden de ideas, se hace necesario aunar esfuerzos para la construcción de políticas que identifiquen riesgos para la calidad e inocuidad del agua de consumo de los animales, y así asegurar una cadena de prevención de contaminación de los productos que se obtienen en los diferentes sistemas de producción animal alrededor del suministro de agua, salvaguardando la salud pública.

Teniendo en cuenta el impacto en la salud y producción de la calidad e inocuidad del agua que consumen los animales, se debe considerar incluir dentro de la normativa nacional criterios de valoración fisicoquímica y microbiológica completos (o, por lo menos, extrapolar los existentes para agua potable de consumo humano). La ausencia de normativa específica en la materia ha generado un gran vacío para determinar la calidad e inocuidad del agua ofertada en los sistemas de producción y el impacto sobre la salud-bienestar de los animales y salud pública.

Agradecimientos

Agradecemos al Ministerio de Educación Nacional y a la Universidad de los Llanos en el convenio interadministrativo N.º 0833 de 2018, así como a las comunidades participantes de la vereda La Meseta en el municipio de El Dorado y la vereda Los Maracos en el municipio de Granada.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR]. (2004). *Resumen de salud pública: Amoníaco* [Reseña toxicológica]. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs126.pdf
- Allaert, C., & Escolá, M. (2002). *Métodos de análisis microbiológicos de alimentos*. Ediciones Díaz de Santos.
- Anniballi, F., Fiore, A., Löfström, C., Skarin, H., Auricchio, B., Woudstra, C., Bano, L., Segerman, B., Koene, M., Bäverud, V., Hansen, T., Fach, P., Åberg, A. T., Hedeland, M., Engvall, E. O., & De Medici, D. (2013). Management of animal botulism outbreaks: From clinical suspicion to practical countermeasures to prevent or minimize outbreaks. *Biosecurity and Bioterrorism*, 11(S1), 191-199. <https://doi.org/10.1089/bsp.2012.0089>
- Apifishcare. (2020). *API Freshwater Master Test Kit Instruction Manual* [Manual de instrucciones]. API. <https://apifishcare.com/pdfs/products-us/freshwater-master-test-kit/api-freshwater-master-test-kit-instruction-manual.pdf>
- Arismendi-Duque, J., Valencia-Yepes, D., & Cerón-Muñoz, M. (2018). Caracterización de la calidad microbiológica del agua en hatos lecheros del Norte de Antioquia, Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 30, 136. <http://www.lrrd.org/lrrd30/8/ceron30136.html>
- Ashbolt, N. J., Grohmann, G. S., & Kueh, C. S. W. (1993). Significance of specific bacterial pathogens in the assessment of polluted receiving waters of Sydney, Australia. *Water Science and Technology*, 27(3-4), 449-452. <https://doi.org/10.2166/wst.1993.0390>
- Bavera, G. A. (2011). *Aguas y aguadas para el ganado*. Ediciones Imberti-Bavera. http://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/76-Aguas_y_Aguadas_4a_CD.pdf
- Benítez, J. C. (2017). *Análisis de la productividad ganadera con la eliminación de intermediarios para pequeños y medianos ganaderos en el departamento del Meta* [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. Ciencia Unisalle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/531/>
- Boone, D. R., & Xun, L. (1987). Effects of pH, temperature, and nutrients on propionate degradation by a methanogenic enrichment culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(7), 1589-1592. <https://doi.org/10.1128/aem.53.7.1589-1592.1987>

- Buriticá, N. (2016). Sabanas inundables de la Orinoquía colombiana [Documento resumen]. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [IAVH].
- Burrows, W. (1993). Tratado de microbiología. Nueva Editorial Interamericana.
- Cleaveland, S., Laurenson, M. K., & Taylor, L. H. (2001). Diseases of humans and their domestic mammals: Pathogen characteristics, host range and the risk of emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 356(1411), 991-999. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0889>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES]. (2014). Documento Conpes 3810. Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural. Conpes; DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3810.pdf>
- Decreto 1594 de 1984. "Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos". Presidencia de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18617>
- Dufour, A. (2004). Water-related zoonosis disease impacts - geographical prevalence. In J. A. Cotruvo, A. Dufour, G. Rees, J. Bartram, R. Carr, D. O. Cliver, G. F. Craun, R. Fayer, & V. P. J. Gannon (Eds.), *Waterborne zoonoses: Identification, causes and control* (pp. 91-150). WHO.
- Fernández, C., Schenone, N., Pérez, A., & Volpedo, A. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *AUGMDOMUS*, 1, 45-66. <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showtoc>
- Gerba, C. P., & Pepper, I. L. (2019). Microbial Contaminants. In M. I. Brusseau, I. L. Pepper, & C. P. Gerba (Eds.), *Environmental and Pollution Science* (pp. 191-217). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814719-1.00013-6>
- Goldstein, B. D. (2001). The precautionary principle also applies to public health actions. *American Journal of Public Health*, 91(9), 1358-1361. <https://doi.org/10.2105/ajph.91.9.1358>
- Halaby, N., Ricaurte, K., Rodríguez, J., & Estupiñan, S. (2018). Evaluación de la calidad bacteriológica de las aguas naturales de algunos sitios de Colombia. Revisión de la literatura. *Biociencias*, 1(1), 13-21. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/view/2216>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2007a). *Resolución 002341. "Por la cual se reglamentan las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado bovino y bufalino destinado al sacrificio para consumo humano"*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/0b5de556-cb4a-43a8-a27a-cd9a2064b1ab/2341.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (2007b). *Resolución 002640. "Por la cual se reglamentan las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado porcino destinado al sacrificio para consumo humano"*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/6bfd1517-10f1-415d-b8cd-3ccb06d51a8f/2640.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2018). *Rendición de cuentas. Noviembre 2018* [Informe de audiencia pública de rendición de cuentas seccional Meta]. ICA seccional Meta. <https://www.ica.gov.co/getattachment/Modelo-de-P-y-G/Transparencia-Participacion-y-Servicio-al-Ciudadano/Rendicion-de-Cuentas/Meta-2018.pdf.aspx?lang=es-CO>

- Instituto Nacional de Salud [INS]. (2011). Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion%20SIVICAP/2011%20Manual%20to%20de%20muestras%20agua.pdf>
- Joseph, J., Sajesh, A. K., Nagashri, K., Edinsha, E. H., Sharmila, T. M., & Justin, C. (2020). Determination of ammonia content in various drinking water sources in Malappuram District, Kerala and its removal by adsorption using agricultural waste materials. *Materials Today: Proceedings*, 45(2), 811-819. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.822>
- Kaur, M., Graham, J. P., & Eisenberg, J. N. (2017). Livestock ownership among rural households and child morbidity and mortality: An analysis of demographic health survey data from 30 Sub-Saharan African Countries (2005-2015). *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 96(3), 741-748. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0664>
- Laboratorio de Microbiología (1988). Manual para la toma de muestras. Universidad de los Llanos.
- Lee, C., & Beauchemin, K. A. (2014). A review of feeding supplementary nitrate to ruminant animals: nitrate toxicity, methane emissions, and production performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(4), 557-570. <https://doi.org/10.4141/CJAS-2014-069>
- LeJeune, J. T., Besser, T. E., Merrill, N. L., Rice, D. H., & Hancock, D. D. (2001). Livestock drinking water microbiology and the factors influencing the quality of drinking water offered to cattle. *Journal of Dairy Science*, 84(8), 1856-1862. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74626-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74626-7)
- Machado, V. A., Teixeira, R., Ladeira, W. J., & de Oliveira, F. (2020). A meta-analytic review of food safety risk perception. *Food Control*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107089>
- Meays, C. L., Broersma, K., Nordin, R., & Mazumder, A. (2004). Source tracking fecal bacteria in water: A critical review of current methods. *Journal of Environmental Management*, 73(1), 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.06.001>
- Michalski, G., Earman, S., Dahman, C., Hershey, R. L., & Mihevc, T. (2010). Multiple isotope forensics of nitrate in a wild horse poisoning incident. *Forensic Science International*, 198(1-3), 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.01.012>
- Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVD'T]. (2007). *Resolución 2115*. "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano". <https://bit.ly/3LWhxE9>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). *Informe nacional de calidad del agua para consumo humano*. INCA 2016. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/sa-inca-2016.pdf>
- Morgan, S. E. (2011). Water Quality for Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 27(2), 285-295. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.02.006>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (3.^a ed.). WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547611>
- Oruc, H. H., Akkoc, A., Uzunoglu, I., & Kennerman, E. (2010). Nitrate poisoning in horses associated with ingestion of forage and alfalfa. *Journal of Equine Veterinary Science*, 30(3), 159-162. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.01.055>

- Oswiler, G. D. (Ed.). (2011). *Veterinary clinics of North America: Food animal practice* (1.^a ed.). Saunders Elsevier.
- Pérez-Carrera, A., & Fernández-Cirelli, A. (2005). Arsenic concentration in water and bovine milk in Cordoba, Argentina. Preliminary results. *Journal of Dairy Research*, 72(1), 122-124. <https://doi.org/10.1017/S0022029904000640>
- Pulido, S., Vanegas, E., Jaime, W., Gómez, P., & Ostos, M. (1999). *Caracterización de los sistemas de producción agropecuarios en los municipios de Granada y Cumaral - Meta* [Informe técnico N°. 11]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]
- Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P. G., Drechsel, P., Bahri, A., & Minhas, P. S. (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management*, 97(4), 561-568. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.004>
- Radostits, O. M., Gay, C. C., Hinchcliff, K. W., & Constable, P. (2007). *Veterinary Medicine*. Saunders Elsevier.
- Ríos, S., Agudelo, R. M., & Gutiérrez, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Schriewer, A., Odagiri, M., Wuertz, S., Misra, P. R., Panigrahi, P., Clasen, T., & Jenkins, M. W. (2015). Human and animal fecal contamination of community water sources, stored drinking water and hands in rural India measured with validated microbial source tracking assays. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 93(3), 509-516. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.14-0824>
- Secretaría de Planeación y Desarrollo Territorial del Meta. (2008). *Caracterización del Municipio de El Dorado, Departamento del Meta*. 2008. <https://docplayer.es/18445741-Caracterizacion-del-municipio-de-el-dorado-departamento-del-meta-2008.html>
- Silva, S., & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*, 12(23), 13-34. <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2>
- United Nations General Assembly. (2015). *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Sustainable Development. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- Valente, S., Spry, D. J., Pascale, J. C., Jakomin, L. M., & Umbuzeiro, G. de A. (2019). Critical issues and alternatives for the establishment of chemical water quality criteria for livestock. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 104, 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.03.003>
- Wardrop, N. A., Hill, A. G., Dzodzomenyo, M., Aryeetey, G., & Wright, J. A. (2018). Livestock ownership and microbial contamination of drinking-water: Evidence from nationally representative household surveys in Ghana, Nepal and Bangladesh. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(1), 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.09.014>
- Willms, W. D., Kenzie, O. R., Mcallister, T. A., Colwell, D., Veira, D., Wilmshurst, J. F., Entz, T., & Olson, M. E. (2002). Effects of water quality on cattle performance. *Journal of Range Management*, 55(5), 452-460. <https://doi.org/10.2307/4003222>
- Zhang, L., Xu, E. G., Li, Y., Liu, H., Vidal-Dorsch, D. E., & Giesy, J. P. (2018). Ecological risks posed by ammonia nitrogen (AN) and un-ionized ammonia (NH₃) in seven major river systems of China. *Chemosphere*, 202, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.098>