

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INSTITUTO EN INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA SOBRE EL
ESTADO DE SALUD, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE OVINOS EN FINALIZACIÓN**

T E S I S

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

ADRIANA CERVANTES NORIEGA

DIRECTOR

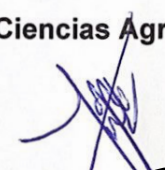
DR. GILBERTO LÓPEZ VALENCIA

CO-DIRECTOR

DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

La presente tesis "IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA SOBRE EL ESTADO DE SALUD, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE OVINOS EN FINALIZACIÓN" realizada por la C. Adriana Cervantes Noriega, dirigida por el Dr. Gilberto López Valencia, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias



Dr. Gilberto López Valencia
Director de Tesis



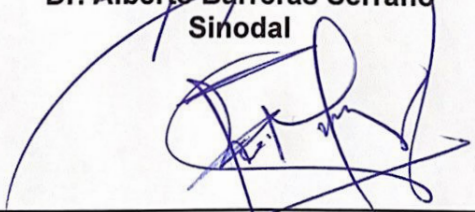
Dr. Alfredo Estrada Angulo
Co-director de Tesis



Dr. Alejandro Plascencia Jorquera
Sinodal



Dr. Alberto Barreras Serrano
Sinodal



Dr. Francisco Javier Monge Navarro
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el resultado de un sinfín de acontecimientos que mas que ver con lo académico, tuvieron que ver con el destino y las oportunidades que este nos brinda.

Le agradezco a mi director de tesis, el Dr. Gilberto López Valencia por ser mi guía en este proyecto que fue todo un reto, gracias por compartir conmigo su conocimiento, por las risas y por siempre ver el lado positivo de las cosas. Al Dr. Francisco Monge por su paciencia, por la infinidad de horas que pasamos en el laboratorio haciendo diluciones y por siempre estar en la mejor disposición de enseñar. Les agradezco a ambos por todos sus consejos, por escucharme, por siempre darme ánimos cuando más lo necesité y sobre todo por todo el cariño que me brindaron.

A los Doctores Alejandro Plascencia, Alfredo Estrada y Alberto Barreras, por confiar una vez más en mí para la realización de este proyecto, por compartirme sus conocimientos, por su tiempo y por siempre estar para resolver mis dudas.

A mis amigos Carlos, Ana, Karla y Sergio por ser mis salvavidas, por estar siempre para mí cuando los necesito, por hacerme la vida mucho más feliz y mucho menos complicada. A mis compañeras, Luz Marina y Luz Diana Patricia, por su apoyo, su amistad y por sufrir conmigo las reorganizadas del lab. A Gina por su compañía, las mil horas de plática y por adoptarme como hija. A Norma porque mejor compañera de proyecto no me pudo tocar, gracias neni.

A Conacyt y a la Universidad Autónoma de Baja California por formarme y por darme la oportunidad de desarrollarme en la investigación. Así mismo, a la Universidad Autónoma de Sinaloa por el apoyo para la realización de este proyecto.

A mi familia que son mi motor, gracias a mis papás y hermano por siempre creer en mí, incluso cuando ni yo misma lo hago, por quererme y por apapacharme. A JM simplemente por existir y por hacerme feliz con sus travesuras, los amo con todo mi corazón.

Y por último a mi Juanito que ha sido mi compañero de cuatro patas y que le ha tocado desvelarse conmigo desde que inicié esta aventura llamada posgrado.

Nada de esto hubiera sido posible sin ustedes.

Con mucho cariño..

Adriana

DEDICATORIA

*Para ustedes Francis y Fede, por ser los autores principales de mi vida,
por sus consejos, su amor, dedicación, cuyo esfuerzo logrado dan resultado
a un proyecto más que culmino..♥*

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	6
ABSTRACT	7
RESUMEN GENERAL	8
CAPÍTULO I	9
I INTRODUCCIÓN	10
II ANTECEDENTES	12
1. Situación actual de la producción de ovinos en el mundo	12
1.1 Situación actual de la producción de ovinos en México	13
1.2 Situación actual de la producción de ovinos en la región noroeste de México	14
2. El agua	15
2.1 Funciones del agua	15
3. Requerimientos de agua de los ovinos	16
4. Calidad del agua en la producción ganadera	17
4.1 Elementos que determinan la calidad del agua	18
4.2 Elementos fisicoquímicos	18
4.3 Elementos microbiológicos	24
5. Normativa sobre calidad del agua en la producción ganadera en México ..	27
6. Impacto de la Calidad del Agua	29
LITERATURA CITADA	30
CAPÍTULO II	42
III ARTÍCULOS DERIVADOS DEL ESTUDIO	43
3.1 The Reduction of Bacterial Load and Total Solid in Drinking Water Qualified as “Clean” for Livestock, Increases Growth Performance, and Reduce Diarrhea Frequency in Finishing Lambs	43
3.2 Importancia de la Calidad del Agua en la Producción de Pequeños Rumiantes	56
CAPÍTULO III	78
III CONCLUSIÓN GENERAL	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos diarios de agua de pequeños rumiantes según su etapa fisiológica	16
Cuadro 2. Límites permisibles de características bacteriológicas	27
Cuadro 3. Límites permisibles de características físicas y organolépticas	28
Cuadro 4. Límites permisibles de sustancias químicas (mg/l es equivalente a ppm)	28

ABSTRACT

Water, compared to other nutrients, is consumed in large quantities, so its quality and availability are important for the health and productivity of livestock. The main factors considered to evaluate water quality are its physical, chemical, and microbiological components. Knowledge of these factors, linked to livestock needs for production and health, allows water to be evaluated as a resource for productive purposes. The effects of some of the compounds in drinking water on the productive performance of cattle have been previously documented. This work evaluated the effects on health and growth performance of the main elements considered to measure water quality in finishing lambs. Twenty-four Pelibuey x Katahdin lambs (33.22 ± 4.02 kg) were used to evaluate the effects of filtered and unfiltered dam water of water offered as drink water on health, growth performance, and carcass traits of finishing lambs in a trial lasting 89 days. Lambs were fed with two cracked corn-based high-energy diets (average 14.3% crude protein and 1.94 Mcal NEm/kg DM). Lambs were grouped by weight in 6 blocks, and treatments were randomly assigned within each block. The experimental unit was the pen with two lambs. The treatments consisted of dam water that received a potabilization treatment (Filtered) and dam water without any type of treatment (Unfiltered). The results indicate that filtered water promotes higher water consumption (4.25 L vs. 3.82 L, $P=0.04$), improves daily weight gain (260 g vs. 239 g, $P=0.03$), final weight (56.21 kg vs. 54.13 kg, $P=0.02$), increases by 5.3% increase in hot carcass weight ($P=0.02$) and 10.15% increase in rib-eye area ($P=0.04$), as well as a 35% decrease in the duration of diarrhea cases ($P=0.05$) in lambs in feedlot.

Keywords: Water quality, Growth performance, Health, Carcass traits, Lambs.

RESUMEN GENERAL

El agua, en comparación con otros nutrientes, es consumida en grandes cantidades, por lo tanto, su calidad y disponibilidad son importantes para la salud y la productividad del ganado. Dentro de los principales factores que se consideran para evaluar la calidad del agua, están sus componentes físicos, químicos y microbiológicos. El conocimiento de estos factores, vinculados con las necesidades del ganado para la producción y la salud, permiten evaluar el agua como un recurso con fines productivos. Anteriormente han sido documentados los efectos de algunos de los compuestos del agua de bebida sobre el rendimiento productivo de bovinos. En este trabajo, se evaluaron los efectos sobre salud y comportamiento productivo de los principales elementos considerados para medir la calidad del agua en ovinos en etapa de finalización. Se utilizaron 24 ovinos de la cruce de razas Pelibuey×Katahdin (33.17 ± 4.12 kg) para evaluar los efectos del consumo de agua de dique filtrada y no filtrada sobre la salud, comportamiento productivo y características de la canal de ovinos alimentados con dietas de finalización, en una prueba que tuvo una duración de 89 días. Los ovinos fueron alimentados con dos dietas a base de maíz quebrado (promedio de 14.3% de proteína cruda y 1.94 Mcal ENm / kg de materia seca). Los ovinos se agruparon por peso en 6 bloques y los tratamientos se asignaron aleatoriamente dentro de cada bloque. La unidad experimental fue el corral con dos ovinos. Los tratamientos consistieron en agua de dique que recibió un tratamiento de potabilización (Filtrada) y agua de dique sin ningún tipo de tratamiento (No filtrada). Los resultados indican que el agua Filtrada, promueve un mayor consumo de agua (4.25 L vs 3.82 L, $P=0.04$), mejora la ganancia diaria de peso (260 g vs 239 g, $P=0.03$), el peso final (56.21 kg vs 54.13 kg, $P=0.02$), aumenta en un 5.3% el peso de la canal caliente ($P=0.02$) y en 10.15% el área del ojo de la costilla ($P=0.04$), así mismo, disminuyen en un 35% la duración de los casos de diarrea ($P=0.05$) en ovinos en etapa de finalización.

Palabras clave: Calidad del agua, Comportamiento productivo, Salud, Características de la canal, Ovinos.

CAPÍTULO I

I INTRODUCCIÓN

Los animales, incorporan agua a su organismo a través de tres vías; ingestión voluntaria, ingestión a través de los alimentos y agua metabólica generada a través de reacciones químicas dentro del organismo, la más abundante de todas y por ende que más efecto tiene en la salud y producción animal, es la ingerida a voluntad (Sager, 2000). El agua es el nutriente simple más importante para el ganado, y al igual que con los ingredientes de la ración, esta debe cubrir ciertas necesidades nutricionales del animal (Runyan et al., 2016). Dentro de los criterios que habitualmente se consideran para la determinación de la calidad del agua de bebida se tienen sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas (SADER, 2014).

El agua, a su paso por el subsuelo o por la superficie, puede arrastrar compuestos como son los cloruros, nitratos, nitritos, azufre y sólidos totales, además de bacterias (*Salmonella spp*, *Vibrio cholerae*, *Leptospira spp*, *Clostridium* y *Escherichia coli*), virus (Hepatitis) y parásitos (*Cryptosporidium spp*, *Giardia spp*), que afectan su calidad (Llena y Tashia, 2011; Curran, 2014). Por lo que se recomienda monitorear periódicamente estos parámetros, especialmente cuando es verano y existen condiciones de sequía, ya que es cuando la cantidad y calidad del agua disponible, disminuyen (Carrasco-Letelier et al., 2016).

La investigación ha demostrado una relación positiva entre el acceso al agua potable y los factores de rendimiento como el crecimiento, la reproducción, ganancia diaria de peso, etc (Ensley, 2000; Patterson y Johnson, 2003; Lardner et al., 2005; Mahdy et al., 2016), así como en la salud del ganado (Raisbeck et al., 2008; Ghanem et al., 2018; Ebissy, 2019). Por otro lado, se menciona que los animales que beben agua de baja calidad, generalmente son más propensos a enfermar, disminuyen su consumo tanto de agua como de alimento, por lo tanto, tienden a perder peso (Landefeld, 2003).

En la gran mayoría de las unidades de producción de México no se tiene un control en la calidad del agua que están consumiendo los animales y si se toma en cuenta que las mayores pérdidas para los productores son a menudo a través de

ineficiencias de producción no detectadas, la calidad del agua puede tener influencias ocultas pero considerables en la rentabilidad del ganado de engorda (USDA APHIS, 2000), por lo tanto, vigilar la calidad del agua que consumen los animales es un factor simple pero importante que no debería subestimarse.

En México existen estudios donde se ha evaluado la calidad del agua de bebida que consume el ganado bovino (Saucedo-Terán et al., 2017); sin embargo, hasta la fecha no ha sido publicado ningún estudio donde se evalúe el impacto de la calidad del agua de bebida sobre variables de salud y comportamiento productivo.

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el impacto que tiene la calidad del agua de bebida sobre la salud, respuesta productiva, energética de la dieta y características de la canal de ovinos alimentados con una dieta alta en energía en etapa de finalización.

Hipótesis

La calidad del agua de bebida tiene impacto sobre la salud, respuesta productiva y características de la canal en ovinos alimentados con una dieta alta en energía en la etapa de finalización.

II ANTECEDENTES

1. Situación actual de la producción de ovinos en el mundo

El consumo de carne a nivel mundial se ha incrementado durante los últimos años debido a un aumento en la demanda de carne de especies domésticas por parte de los países en desarrollo, situación atribuida a un incremento en los ingresos y a la urbanización de dichos países, de tal manera que estos cambios generan patrones de consumo de alimento que favorecen el aumento de la proteína de origen animal en la dieta (Hernández-Marín et al., 2017). Factores como la disponibilidad, los precios, los niveles socioeconómicos, las estaciones e incluso religiones practicadas, son determinantes en la configuración de las respectivas dietas, hábitos y tradiciones alimentarias alrededor del planeta (Trejo-Téllez et al., 2011).

Según las cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el 2020, la población ovina mundial incrementó de 1,098 a 1,263 millones de cabezas, lo que representó un incremento de 15% en la década del año 2010 al 2020. Entre los países con mayor inventario de ovinos está China, quien posee el 13.7% del rebaño mundial, seguida de India y Australia con 5.4 y 5% respectivamente. El índice de precios de la carne promedio por tonelada de carne de ovino en 2019 fue 5.4% más alto que en 2018, dicho aumento es atribuible al pequeño volumen de producción respecto a la producción total de carne en el mundo. Se proyecta que el precio de la carne de ovino se mantenga alto como resultado de la disminución en la oferta de este producto en el mercado mundial por parte de Oceanía, lo cual surge como consecuencia de la reducción de su rebaño provocado por la sequía del año 2018 en Australia, aunada con una fuerte demanda de importación por parte de China, la cual fue de 320.81 miles de toneladas en el año 2019 (OCDE y FAO, 2022). Sin embargo, se espera que el inventario de ovinos de Australia aumente una vez que el país se recupere de los estragos provocados por dicha sequía, lo cual tendrá como consecuencia una reducción en el precio de la carne de ovino a nivel internacional.

1.1 Situación actual de la producción de ovinos en México

La producción de ovinos en México de manera general, se realiza bajo sistemas de pastoreo tradicionales, con escasa tecnología y baja productividad; bajo consumo de alimento, ganancia diaria de peso, porcentaje de fertilidad, entre otros (Hernández-Marín et al., 2017). Actualmente, en México existen tres uniones y 64 asociaciones especializadas de ovinocultores que se agrupan en la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) que a su vez forma parte de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNOG), en dichas asociaciones se encuentran registradas alrededor de 53,000 unidades de producción ovina, que están distribuidas aproximadamente de la siguiente forma: 53 % en el centro, 24% en el sur-sureste y 23% en el norte (SAGARPA, 2016).

Según los datos reportados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la población ovina de México tuvo un crecimiento del 15.1% en la última década, en el año 2020 el rebaño mexicano se estimó en 125 millones de cabezas, de las cuales el 47.5% se localiza en los estados de México, Hidalgo, Veracruz, Jalisco y Puebla, siendo los tres primeros los estados con mayor número de cabezas; 17.5, 13.5 y 10.9 millones respectivamente (SIAP, 2022).

El consumo de carne de ovino, tradicionalmente, se localiza en el centro del país (Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro y Morelos), donde se concentra cerca el 85% del total de la demanda y el resto es aprovechado en los demás estados de la república (Camacho Ronquillo et al., 2018). En el año 2020 el consumo per cápita de carne de ovino en México fue de 520 g, una cifra relativamente baja si se compara con la cifra del año 2003, la cual fue de 990 g (OCDE y FAO, 2022). Esta disminución en el consumo de carne ovina por parte de los mexicanos puede deberse a diferentes factores, entre los que destacan: su costo elevado con respecto a otras carnes (pollo y cerdo), el 90 % del consumo de carne de ovino se basa en un solo platillo típico (barbacoa) que se come de manera ocasional, la oferta de carne es cíclica en el año (con una mayor demanda durante el último trimestre) y la importación (de carne congelada o

animales en pie) está sujeta a la paridad existente entre el peso y el dólar (Partida de la Peña et al., 2017).

1.2 Situación actual de la producción de ovinos en la región noroeste de México

La región noroeste de México está conformada por los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Sonora y Sinaloa. Esta región presenta grandes extensiones de terreno de zonas áridas y semiáridas, de las cuales, más de dos tercios de su superficie son áreas aptas para el pastoreo (Esqueda-Coronado y Gutiérrez-Ronquillo, 2009), razón por la cual es considerada como una de las zonas con mayor potencial para la explotación ganadera en México, dado que el forraje de los agostaderos es la fuente de alimento más económica para el ganado.

Los rebaños ovinos de esta región están conformados principalmente por animales de razas de pelo, como lo son Pelibuey, Blackbelly, Dorper y Katahdin (Esqueda y Estrada, 2008), en general los ovinos de pelo, son razas que se desarrollan en climas cálidos semi húmedos, por lo tanto, se trata de razas tolerantes al calor y adaptables a diferentes condiciones ambientales.

La población ovina de esta región contribuye con el 6.4% del total nacional. En el año 2020 el inventario ovino del noroeste mexicano fue de 8.1 millones cabezas de las cuales el 35.9% pertenecen a Chihuahua, 28.6% a Sinaloa, 12.4% a Sonora, mientras que el 10.5, 7.1 y 5.4% a Durango, Baja California y Baja California Sur respectivamente, sin embargo, según los datos reportados por el SIAP (2022), en la última década, la ovinocultura en esta región del país tuvo un retroceso del 33.1%, esto puede deberse a que la producción de carne de bovino en este mismo periodo tuvo un crecimiento sostenido; una tasa promedio anual de 1.7%, en consecuencia la disponibilidad de insumos para la producción de ovinos se ve limitada y a la vez, el mercado cárnico es acaparado por carne bovina.

2. El agua

El agua, una molécula de estructura simple, pero de comportamiento extraño, puede ser considerada como el líquido de la vida: los organismos vivos dependen absolutamente de ella para su existencia (Brenes-Esquivel y Rojas-Solano, 2005). La estructura de la molécula de agua está dada por la unión de dos átomos de hidrógeno con un átomo de oxígeno que se mantienen unidos por enlaces covalentes, su fórmula química es H_2O (Nelson y Cox, 2022). En los animales está presente en todos los tejidos, incluso los óseos, y principalmente en la sangre que transporta el alimento a todas las células (Olkowski, 2009). También tiene un papel fundamental en la eliminación de desechos del metabolismo a través de la orina y toxinas a través del sudor, que además facilita la regulación térmica (Crawshaw, 1980).

2.1 Funciones del agua

El agua cumple funciones vitales en el planeta y en los distintos ecosistemas, como medio vital, transporte de nutrientes o insumo básico para la fotosíntesis vegetal. De igual forma, en el cuerpo de los mamíferos cumple con los siguientes roles vitales:

- Constituye el medio vital para la mayoría de las células del cuerpo.
- Transporta las sustancias disueltas y compone un enorme porcentaje de la sangre y de otras sustancias de transporte.
- Permite la excreción de los desechos, tanto en la orina como en las heces, el sudor y otras excreciones.
- Mantiene la temperatura corporal homogénea y permite el enfriamiento.
- Aporta electrolitos y minerales indispensables para el funcionamiento eléctrico del organismo

(Crawshaw, 1980; Brenes-Esquivel y Rojas-Solano, 2005; Cirelli, 2012)

3. Requerimientos de agua de los ovinos

El consumo diario de agua en los ovinos varía entre el 9 y el 11% del peso corporal total durante el invierno y entre el 19 y 25% durante en el verano (Khan y Ghosh, 1989). Esta variación esta influnciada por diferentes factores, como son la temperatura ambiental, el sistema de producción, la alimentación, la raza, la edad y la etapa fisiológica (Cuadro 1), entre otros (Olkowski, 2009; Whaley et al., 2022). En algunos estudios se ha reportado como influyen en el consumo diario de agua, algunos de los factores antes mencionados. Ehrlenbruch et al. (2010), reportaron que el tipo de forraje tiene efecto sobre la ingesta diaria de agua de cabras lecheras, ya que tienen un consumo diario de agua significativamente mayor cuando se alimentan con heno (82.4% MS) que con ensilaje (25.3% MS), 6.2 vs 4.4 L/cabeza/día respectivamente. Por otro lado, Schoeman y Visse (1995), reportaron que dentro de la misma especie, el consumo de agua varía entre razas, mencionan que, de las razas de ovinos Persa cabeza negra, Dorper y Merino Sudafricano, el Persa es el más eficiente en cuanto a utilización metabólica del agua, ya que el Dorper y el Merino pueden llegar a consumir, respectivamente, hasta un 53% y un 77% más de agua por kg de ganancia de peso corporal en comparación con el Persa.

Cuadro 1. Requerimientos diarios de agua de pequeños rumiantes según su etapa fisiológica

Etapa fisiológica	Agua, mL/ kg PV ^{0.75*}
Mantenimiento	107 - 146
Gestación	215 - 290
Lactancia	196 - 296
Predestete	195 - 203
Destete (mantenimiento)	
En corral	140 - 148
En pastoreo	236 - 244
*Peso metabólico	
Adaptado de: NRC, 2007.	

En 1968, Forbes presentó un modelo lineal matemático para predecir el consumo de agua en función del consumo de materia seca (CMS):

$$\text{Consumo de agua (L/día)} = 3.86 * \text{CMS} - 0.99$$

Modelo que fue elegido por el (NRC, 2007) para predecir el consumo de agua. Sin embargo, como ya se mencionó los requerimientos de agua varían según distintos factores, no solo el consumo de materia seca. A pesar de esto, el modelo de Forbes (1968) es todavía ampliamente utilizado, ya que es un método práctico y acertado para la predicción del consumo de agua de pequeños rumiantes en crecimiento.

4. Calidad del agua en la producción ganadera

Las mayores pérdidas para los productores son a menudo a través de ineficiencias de producción no detectadas, una de estas ineficiencias puede ser la suplementación de agua de mala calidad a los animales (Carson, 2000).

El agua interviene en todas las funciones fisiológicas de un organismo, situación que la hace un nutriente esencial para la vida. Además, es necesario considerar que el agua, en comparación con otros nutrientes, es consumida en grandes cantidades, por lo tanto, la calidad y la disponibilidad de esta es importante para la salud y la productividad de los animales. En este sentido, un suministro abundante y constante de agua de alta calidad es esencial para la producción y la salud del ganado (Animal and Plant Health Inspection Service y United States Department of Agriculture, 2000).

El conocimiento de los factores que determinan la calidad del agua, vinculados con las necesidades de los animales para la producción y la salud, permiten evaluar el agua como un recurso con fines productivos (Runyan et al., 2016). En general, se puede entender la calidad del agua como aquella que reúne las condiciones que se han de mantener para que cumpla con los parámetros específicos en función de su uso (Llena y Tashia, 2011).

Los criterios que habitualmente se tienen en cuenta para la determinación de la calidad del agua de bebida son sus características fisicoquímicas y organolépticas, la presencia de compuestos tóxicos, el exceso de minerales y la presencia de

microorganismos patógenos (Fernández-Cirelli et al., 2010), además si el agua es de baja calidad, existe un mayor riesgo de que los contaminantes alcancen concentraciones que pueden ser dañinas para el animal (Olkowski, 2009).

4.1 Elementos que determinan la calidad del agua

En los parámetros de calidad del agua se tienen que supervisar tanto los elementos microbiológicos como los físicos, químicos y otros que puedan afectar directa o indirectamente a la salud de los animales (Llena y Tashia, 2011). Existe un conjunto de criterios y normas de calidad del agua que cambian en función de la finalidad (humano, animal, recreativo, industrial, agrícola, entre otros) (Araújo et al., 2010). La calidad del agua está definida por elementos propios, sin embargo, al interactuar con los animales y los alimentos, los efectos pueden modificarse (Sager, 2000). Algunos contaminantes pueden afectar directamente la salud animal al causar enfermedades e infecciones; otros tienen un efecto más indirecto y pueden causar que el ganado disminuya su consumo de agua; cuando se reduce el consumo de agua, el consumo de alimento también disminuirá y, como resultado, los animales reducirán su respuesta productiva (Brew et al., 2011). Además, es la calidad de la fuente de agua la que finalmente afectará su aceptabilidad por parte del ganado y a su vez, la ingesta de nutrientes y utilización del alimento (Fernández-Cirelli et al., 2010).

4.2 Elementos fisicoquímicos

Temperatura

La temperatura del agua tiene poco efecto en consumo de agua y comportamiento productivo del rumiante; sin embargo, los animales prefieren beber agua a una temperatura entre los 17 y 28°C, que consumir agua fría o caliente (Herrera, 2012). En un estudio realizado por Cunningham et al. (1964), evaluaron el efecto del agua de bebida a diferentes temperaturas ambientales (1.1, 13, 26 y 39 °C) sobre la digestión ruminal. Estos autores reportan que se consumió significativamente menos agua cuando la temperatura fue más baja (1.1°C). Sin embargo, no

encontraron efecto sobre digestión ruminal cuando los animales bebieron agua extremadamente fría o caliente.

pH

El pH del agua es una medida de la concentración de iones de hidrógeno, además controla la solubilidad y las concentraciones de los elementos en el agua (Morgan, 2011). El pH en el agua de bebida puede variar de 6 a 8 (Olkowski, 2009), aunque sus efectos en la salud y la producción del ganado son poco conocidos.

El principal problema de la alteración del pH en el agua de bebida, está relacionado con la palatabilidad de la misma, ya que los animales pueden negarse a beber agua con pH extremos (por encima de 9 y por debajo de 5), el agua ácida (por debajo de 5) tiende a tener un sabor agrio, mientras que la básica (por encima de 9) se describe con un sabor metálico (Raisbeck et al., 2008). Se sugiere que las aguas ligeramente alcalinas (pH 7 - 7.3) son consideradas óptimas para consumo, las aguas que tienen un pH fuera de los límites normales, tienen efectos corrosivos sobre tuberías e instalaciones y posibles efectos adversos en la salud y en la producción animal (Tuells y Erviti, 2016). Por ejemplo, en los rumiantes, el consumo de agua con un pH inferior a 5 puede provocar disminución en el consumo de alimento, además de contribuir a la acidosis metabólica (Olkowski, 2009; Curran, 2014); no se recomienda el consumo de este tipo de agua en animales en corral de engorda ya que están sutilmente acidificados por su dieta, mientras que el agua alcalina con un pH superior a 9 puede aumentar el riesgo de alcalosis metabólica, provocar trastornos digestivos, mala conversión alimenticia y reducir del consumo de agua y alimento (Mahdy et al., 2016).

Sólidos Totales Disueltos

Dentro de los factores más importantes que determinan la idoneidad del agua para el ganado, está la concentración de sales en el agua de bebida (Ray, 1989). La salinidad puede medirse como Sólidos Disueltos Totales (TDS por su siglas en inglés) y se expresa en partes por millón (ppm) (que equivale a mg/l o ug/ml) (Bagley et al., 1997). Los componentes asociados a la salinidad son el bicarbonato

(NaHCO_3), el sulfato (SO_4^{2-}), y el sílice (SiO_2), y un grupo de concentraciones más bajas de constituyentes que incluyen el hierro (Fe), el nitrato (NO_3^-), el estroncio (Sr), el potasio (K), el carbonato (CO_3^{2-}), el fósforo (P), el boro (B) y el fluoruro (NaF) (Looper y Waldner, 2002).

El principal inconveniente de suministrar agua salada al ganado está relacionado a problemas de aceptación debido a una menor palatabilidad del agua, o a una respuesta conductual de los animales para protegerse del estrés salino lo que como consecuencia provoca una reducción en la ingesta de agua por unidad de peso corporal (López et al., 2016; Sharma et al., 2017), lo que a su vez, provoca una disminución en el consumo de materia seca. Sin embargo, se ha reportado que el consumo de alimento en rumiantes no está influenciado por la salinidad del agua potable con niveles de TDS inferiores al 1% (1000 ppm) (Masters et al., 2007; Tsukahara et al., 2016; Cervantes-Noriega et al., 2022). Los límites de seguridad para los TDS no están claros y varían entre especies, en diferentes publicaciones se han recomendado niveles máximos (Bagley et al., 1997; Lardy et al., 2008; Olkowski, 2009). La investigación ha demostrado que las cabras son más tolerantes a las altas concentraciones de TDS en el agua de bebida, en comparación con los corderos. McGregor (2004) menciona que las ovejas jóvenes pueden consumir agua con 5000 mg/L TDS, sin que su productividad se vea negativamente afectada, mientras que las cabras jóvenes pueden consumir hasta 7000 mg/L; un nivel notablemente superior. En cuanto a animales adultos, menciona que ambas especies pueden tolerar el doble de TDS que toleran los animales jóvenes, las cabras adultas pueden tolerar hasta 14000 mg/L TDS, mientras que las ovejas adultas 10000 mg/L. En concordancia con lo anterior, Castro et al. (2017), no encontraron efecto de suplementar hasta 8300 mg/L de TDS en el agua de bebida, sobre el peso al sacrificio, peso de la canal caliente y fría, así como rendimientos en canal, en corderos adultos Santa Inés. Mientras que Hussein et al. (2020), reportaron reducciones en el rendimiento en canal en corderos Ossimi adultos que consumieron 15000 mg/L TDS. Sin embargo, Mdletshe et al. (2017), reportan disminuciones en la ganancia diaria de peso del 16.2% de cabras Nguni adultas cuando bebieron 5500 mg/L TDS. Por otro lado, Assad y El-Sherif (2002)

observaron una mayor ganancia diaria de peso en corderos que bebieron agua con 13,535 mg/L de TDS en comparación con corderos que bebieron agua dulce, sin embargo, señalan que esto puede atribuirse no precisamente a una mayor ganancia de masa muscular, sino a que los corderos que bebieron agua con alto contenido de sales tenían una mayor retención de agua en todo el cuerpo.

Sulfatos

El sulfato es la forma más común de azufre (S) en el agua potable para el ganado, pero en algunas fuentes de agua, debido al entorno altamente reductor, el sulfato puede reducirse a sulfuro (Olkowski, 2009), el azufre constituye un tercio del peso molecular del sulfato (Umar et al., 2014). A su vez, el sulfuro de hidrógeno es la forma más común de azufre presente en el agua, le confiere ese olor tan característico asociado a los "huevos podridos", que, para los animales no adaptados, puede ser una restricción importante (Sager, 2000). El sulfato en el agua también contribuye al sulfato total de la ración y debe tenerse en cuenta al investigar brotes de polioencefalomalacia en rumiantes en corral de engorda. La polioencefalomalacia (PEM) es un término diagnóstico que describe la necrosis de la materia gris del cerebro (Niles, 2017), la cual se caracteriza por alteraciones neuromusculares en los animales (Umar et al., 2014). Es posible que esta enfermedad ocurra cuando el sulfato total en la ración supera el 1% en base materia seca (Carson, 2000). En los rumiantes, casi todo el sulfato ingerido es reducido a sulfuro por los microbios del rumen, el sulfuro se absorbe y se oxida secuencialmente a sulfito y sulfato en los tejidos, y el sulfato se recicla al rumen a través de la saliva (Olkowski, 2009). Se ha reportado que elevadas concentraciones de sulfato, afectan negativamente a los microorganismos ruminales, disminuyendo su número y en consecuencia la actividad metabólica microbiana total (Loneragan et al., 2001; Patterson y Johnson, 2003). Además interfieren con la absorción intestinal de otros minerales como el cobre (Irisk, 2012). En un estudio realizado por Loneragan et al. (2001) se reportó una disminución lineal de la ganancia diaria de peso promedio en rumiantes a medida que la concentración de sulfato en el agua de bebida aumentaba de 136 a 2360 mg/L. Así mismo, Qi et al. (1993), reportaron

que niveles superiores a 0.2% de S en la dieta, redujeron la ganancia diaria de peso, el consumo diario de materia seca y la eficiencia alimenticia en cabritos Wether en crecimiento.

Nitratos y nitritos

El ión nitrato (NO_3^-) es tanto un producto, como un reactivo en la cadena del metabolismo del nitrógeno animal y vegetal (Carson, 2000). Su presencia en el agua va asociada a contaminaciones de materia orgánica en descomposición, la presencia de plantas acuáticas, algas, peces u otros animales muertos en los depósitos de agua o reservorios, y a los fertilizantes presentes en el suelo (Basán, 2007). Para que el nitrato provoque problemas de intoxicación en rumiantes, se requiere de su reducción a nitrito dentro del rumen. El nitrito es aproximadamente 10 veces más tóxico que el nitrato. Una vez que el nitrito pasa al torrente sanguíneo, reacciona con la hemoglobina, esta reacción reduce drásticamente la capacidad de transporte de oxígeno de los eritrocitos, lo que provoca una condición denominada metahemoglobinemia (Bruning-Fann y Kaneene, 1993), la cual se caracteriza por debilidad muscular, ataxia, temblores, hipersensibilidad, dificultad para respirar, puede provocar abortos y en casos extremos, la muerte del animal (Wright, 2007; Higgins y Agouridis, 2008).

Las investigaciones sobre la concentración de nitratos en el agua y su efecto sobre la salud y respuesta productiva del ganado son limitadas. Seerley et al. (1965), suministraron agua con 0, 333, 667 y 1000 mg/L de nitrato a corderos castrados (33.2 kg) alimentados con una dieta con 50% de concentrado, estos autores reportan no haber encontrado efecto de las diferentes concentraciones de nitrato sobre la respuesta productiva de los corderos. Whitehead y Moxon (1952) estudiaron la toxicidad de los nitratos en las dietas del ganado e incluyeron un apartado sobre el potencial del agua con alto contenido de nitratos para provocar problemas de salud, estos autores concluyeron que, si se permite libre acceso al agua con elevadas concentraciones de nitratos probablemente no causaría una intoxicación mortal, dado que la dosis de nitrato ingerida en un solo episodio de bebida sería menor que la dosis mortal.

Cloruros

Los cloruros son la forma más común de cloro en agua; puede estar presente en varias formas químicas ya sea de manera natural o al ser añadidos durante el tratamiento del agua (Olkowski, 2009). Los cloruros son generalmente de sodio, magnesio, calcio y potasio, que le dan un gusto amargo al agua y pueden ocasionar diarreas (Cajape, 2021). Las estimaciones de los efectos adversos asociados con el cloruro en el agua en sí son en gran parte conjeturas, porque el cloruro en el agua en circunstancias normales, generalmente está asociado con el sodio. Altos niveles de cloro en agua pueden afectar la eficiencia de la población microbiana del rumen, que podría desencadenar en una disfunción metabólica a nivel ruminal (Olkowski, 2009).

Calcio y magnesio (dureza)

La dureza es una medida de la concentración de cationes metálicos divalentes (con carga +) disueltos en el agua y se expresa generalmente como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresadas como equivalentes de carbonato de calcio; se considera un indicador global de mineralización (Higgins y Agouridis, 2008). Otros cationes como el zinc, estroncio, hierro, aluminio y manganeso también contribuyen a la dureza, pero generalmente están presentes en menores concentraciones (German et al., 2008). La 'dureza' del agua no está necesariamente relacionada con la salinidad, las aguas salinas pueden ser muy blandas si contienen niveles bajos de calcio y magnesio (Bagley et al., 1997). Algunos autores mencionan que el agua 'dura' no parece tener un efecto perjudicial para los animales (Morgan, 2011; Tuells y Erviti, 2016; Carlson, 2018), sin embargo, otros autores no recomiendan su consumo, dado que pueden incrementar el riesgo de padecer trastornos del tracto urinario, como es la urolitiasis. Mencionan que los animales no deben beber aguas 'duras', ya que aumentan el contenido de sales minerales de la orina, provocando una saturación de las mismas, lo que ocasiona que se precipiten y den lugar a la formación de cristales que al no ser disueltos se adhieren entre sí, permitiendo el crecimiento de urolitos (Carrillo-Díaz et al., 2015; Matto et al., 2015; Ramírez et al., 2020).

4.3 Elementos microbiológicos

Bacterias

Las bacterias que se encuentran más frecuentemente en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales y son eliminadas a través de la materia fecal. Su viabilidad en el medio hídrico depende de la temperatura del mismo, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua (Pulido et al., 2005).

Escherichia coli O157:H7 es un importante microorganismo de carácter zoonótico, el cual se ha relacionado con enfermedades transmitidas por el agua y por alimentos contaminados, causando brotes de diarrea alrededor del mundo (Stein y Katz, 2017). El ganado es considerado el reservorio primario de este patógeno, motivo por el cual es considerado un importante factor de riesgo en la contaminación del agua. Sin embargo, la excreción fecal de *E. coli* O157:H7 por el ganado es solo transitoria, típicamente dura de 3 a 4 semanas (Beauvais et al., 2018). En contraste, *E. coli* O157:H7 puede aislarse repetidamente de fuentes ambientales en granjas por períodos que duran varios años (Rice et al., 1999). El agua que se ofrece al ganado a menudo es de baja calidad microbiológica, y *E. coli* O157:H7 puede estar presente en hasta el 10% de estas fuentes de agua (LeJeune et al., 2001). Aunque el agua potable se reconoce como un vehículo importante en las infecciones humanas por *E. coli* O157, no se sabe si el ganado que bebe de fuentes de agua previamente contaminadas con *E. coli* O157 es propenso a la colonización por este agente (Beauvais et al., 2018). En los Estados Unidos, el primer brote de infección de *E. coli* O157:H7 por contaminación del agua potable, se informó en 1989 en zonas rurales de Missouri, este ha sido el brote más grande de infección por *E. coli* O157:H7, el primero debido a un organismo resistente a múltiples medicamentos (multidrug-resistant organisms, MDRO), y el primero que se demostró que esta bacteria se transmite por agua (Swerdlow et al., 1992).

Las infecciones por *Salmonella* son una gran carga para la salud pública en todo el mundo, hasta la fecha, se han identificado más de 2,500 serotipos de *Salmonella* y más de la mitad pertenecen a *Salmonella enterica* subsp. *enterica*, siendo esta cepa el agente etiológico más común de enfermedad gastrointestinal bacteriana en todo el mundo (Eng et al., 2015). La infección se da por contacto directo o indirecto con heces de un animal infectado, generalmente a través de alimentos o agua contaminados. Las aguas de lagunas, estanques y diques pueden servir como vehículo para la diseminación de *Salmonella* en el medio ambiente y como una ruta de transmisión entre los huéspedes (Walters et al., 2013). Esta bacteria ha sido aislada de las aguas dulces y marinas, incluidas las utilizadas para la recreación y la recolección de mariscos, además, las actividades antropogénicas pueden contribuir con *Salmonella* a las aguas ambientales a través de las aguas residuales, la escorrentía urbana y agrícola, y las heces tanto de animales salvajes, mascotas y animales de producción (Li et al., 2014).

Por otro lado, la familia *Leptospira* a menudo usa agua como medio de transferencia de un animal a otro. Una infección por *Leptospira* (es decir, leptospirosis) puede provocar problemas reproductivos en el ganado. El organismo se propaga a través de la orina; por lo tanto, no se debe obligar al ganado a beber agua que pueda estar muy contaminada con orina. Evitar que el ganado permanezca de pie o merodeando en el agua puede ayudar a prevenir la transmisión de la leptospirosis (Wright, 2007).

Virus

Los virus entéricos pueden estar presentes de forma natural en ambientes acuáticos o, más comúnmente, se introducen a través de actividades humanas tales como fugas de aguas residuales y sistemas sépticos, escorrentías urbanas, escorrentías agrícolas (Fong y Lipp, 2005). Los más comunes son los virus causantes de gastroenteritis y el virus de la hepatitis. Algunos de estos virus no generan una inmunidad protectora a largo plazo por lo que la infección puede repetirse varias veces a lo largo de la vida de un individuo (Pulido et al., 2005).

Parásitos

Durante los últimos años, parece haber un número creciente de casos de brotes de enfermedades parasitarias transmitidas por el agua en todo el mundo (Omarova et al., 2018). Este grupo de microorganismos, comprometen la salud y la productividad de los animales. Sin embargo, no solo afectan a los animales, ya que algunos de estos parásitos son de carácter zoonótico, es decir; que son transmisibles entre el hombre y los animales (Amasino, 2017).

Dentro de los parásitos transmitidos por el agua que mayor importancia tienen se encuentra el parásito protozoario *Cryptosporidium* spp su importancia recae en que es de carácter zoonótico; es la segunda causa principal de diarrea en niños alrededor del mundo (Mi et al., 2018). En animales se caracteriza por provocar cuadros diarreicos, retraso del crecimiento, pérdida de peso y dependiendo de la carga parasitaria puede llegar a ocasionar la muerte (Castro-del Campo et al., 2017), la transmisión se produce a través de la ruta fecal-oral, a través del contacto directo animal-animal o indirecto, por el consumo de agua contaminada con ooquistes (Nic Lochlainn et al., 2019).

Otros parásitos importantes son los protozoarios pertenecientes al género *Eimeria*, causantes de la coccidiosis en animales de producción. Estos protozoarios afectan regularmente a animales jóvenes, ya que los adultos se vuelven resistentes después de la exposición previa con una especie específica de *Eimeria* como consecuencia de una respuesta inmune protectora. La coccidiosis clínica se presenta dependiendo de factores como la especie de *Eimeria*, la presencia de otras infecciones, la edad, el estado inmunocompetente del huésped y las prácticas agrícolas, las cuales incluyen la sanidad del hato y prácticas de higiene en las instalaciones. Los signos clínicos incluyen pérdida de peso, diarrea, apatía e inflamación de intestinos (Alcala-Canto et al., 2020). A pesar de ser una patología que no presenta grandes daños a la salud, está reportado que en México, la coccidiosis afecta la economía de la cría de pequeños y grandes rumiantes con pérdidas anuales de 23.7 millones USD (Rodríguez Vivas et al., 2017).

Son muchos los factores que condicionan la epidemiología de las diferentes especies parasitarias, por lo tanto, para la implementación de medidas de control y erradicación exitosas, es necesario conocer el estado parasitario, así como sus posibles factores de riesgo.

5. Normativa sobre calidad del agua en la producción ganadera en México

Actualmente en México no existe normativa oficial que regule los estándares de calidad de agua para consumo de animales de producción, sin embargo, en el Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de carne de Ganado Bovino en Confinamiento de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) se establecen en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, las recomendaciones para las características fisicoquímicas y organolépticas del agua para consumo animal. Las cuales son las siguientes:

El contenido de microorganismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo siguiente:

Cuadro 2. Límites permisibles de características bacteriológicas

Características	Límite Permissible
Bacterias Coliformes Totales	Ausencia o No detectables
E. coli o Coliformes Fecales u Organismos Termotolerantes	Ausencia o No detectables

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo siguiente:

Cuadro 3. Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Características	Límite Permissible
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerantes para la mayoría de ellos consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Sabor	5 unidades de turbidez nefelométrica (UTN) o su equivalente en otro método.

Cuadro 4. Límites permisibles de sustancias químicas (mg/l es equivalente a ppm)

Medición	Concentración Considerada Segura (mg/l)
Nitratos	Menor de 440
Nitritos	Menor de 33
Sulfatos	Menor de 300
Cloro	Menor de 1000
Calcio	Menor de 1000
Sodio	Menor de 800
Hierro	Menor de 0.4
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	Menor de 3000
Dureza (Carbonato de Calcio y Magnesio)	Menor de 2000

(SADER, 2014)

6. Impacto de la Calidad del Agua

La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de sus cualidades naturales y se le clasifica para un uso determinado (Castro et al., 2014). El establecimiento de la calidad del agua, antes de su uso es crucial para diversos fines, tales como: agua potable, el agua utilizada en la agricultura, el agua utilizada en actividades recreativas (pesca, natación) o agua que se utiliza en la industria (Guillén Vásquez et al., 2012).

Por impacto de la calidad del agua se entiende, que son las repercusiones que pueden tener, las variaciones de las concentraciones de los diferentes elementos contenidos en el agua, sobre determinadas variables como pueden ser, en el caso de la producción, consumo diario de agua, consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, entre otras (Olkowski, 2009; Brew et al., 2011). Por otro lado, en el caso de salud animal, el impacto se puede cuantificar por la presencia o aparición de enfermedades asociadas a los componentes en el agua (Valenzuela et al., 2012)

LITERATURA CITADA

- Alcala-Canto, Y., Figueroa-Castillo, J. A., Ibarra-Velarde, F., Vera-Montenegro, Y., Cervantes-Valencia, M. E., y Alberti-Navarro, A. (2020). First database of the spatial distribution of *Eimeria* species of cattle, sheep and goats in Mexico. *Parasitology Research*, 119(3), 1057-1074. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06548-8>
- Amasino, C. F. (2017). *Enfermedades infecciosas de los animales y zoonosis*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63694>
- Animal and Plant Health Inspection Service, y United States Department of Agriculture. (2000). *Water Quality in U.S. Feedlots: Info sheet*. https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/feedlot/downloads/feedlot99/Feedlot99_is_WaterQuality.pdf
- Araújo, G. G. L. de, Voltolini, T. V., Chizzotti, M. L., Turco, S. H. N., y Carvalho, F. F. R. de. (2010). Water and small ruminant production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 326-336. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300036>
- Assad, F., y El-Sherif, M. M. A. (2002). Effect of drinking saline water and feed shortage on adaptive responses of sheep and camels. *Small Ruminant Research*, 45(3), 279-290. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00083-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00083-4)
- Bagley, C., Kotuby-Amacher, J., y Farrell-Poe, K. (1997). *Analysis of Water Quality for Livestock* (N.º 28; p. 7). Utah State University. <https://core.ac.uk/download/pdf/32544218.pdf>
- Basán, M. (2007). *Manejo de los Recursos Hídricos para Áreas de Secano* (segunda). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Beauvais, W., Gart, E. V., Bean, M., Blanco, A., Wilsey, J., McWhinney, K., Bryan, L., Krath, M., Yang, C.-Y., Manriquez Alvarez, D., Paudyal, S., Bryan, K., Stewart, S., Cook, P. W., Lahodny, G., Baumgarten, K., Gautam, R.,

- Nightingale, K., Lawhon, S. D., ... Ivanek, R. (2018). The prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 fecal shedding in feedlot pens is affected by the water-to-cattle ratio: A randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 13(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192149>
- Brenes-Esquivel, R., y Rojas-Solano, L. F. (2005). El agua: Sus propiedades y su importancia biológica. *Acta Académica*, 37(Noviembre), Art. Noviembre.
- Brew, M. N., Carter, J., y Maddox, M. K. (2011). *The impact of water quality in beef cattle health and performance*. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Bruning-Fann, C. S., y Kaneene, J. B. (1993). The effects of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds on animal health. *Veterinary and Human Toxicology*, 35(3), 237-253.
- Cajape, J. F. (2021). *Índice de calidad de agua de las fuentes hídrica que abastecen al ganado bovino, parroquia Quiroga* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1393>
- Camacho Ronquillo, J. C. C., Hernández Hernández, J. E. H., Espino-Barros, O. A. V., Guerra Camacho, F. J., y Camacho Becerra, C. A. (2018). *Análisis económico de la engorda de ovinos en una granja integral en el estado de Puebla, México*. 42, 10.
- Carlson, M. P. (2018). Chapter 80—Water Quality and Contaminants. En R. C. Gupta (Ed.), *Veterinary Toxicology (Third Edition)* (pp. 1099-1115). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811410-0.00080-5>
- Carrasco-Letelier, L., Giannitti, F., y Caffarena, D. (2016). *Calidad del agua para la producción animal*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16348.39048/1>
- Carrillo-Díaz, F., Salgado-Moreno, S., Escalera-Valente, F., Carmona-Gasca, C., Peña-Parra, B., y Macías-Coronel, H. (2015). Urolitiasis en Ovinos. *Abanico*

Veterinario, 5(3), Art. 3.

Carson, T. L. (2000). Current Knowledge of Water Quality and Safety for Livestock.

Veterinary Clinics: Food Animal Practice, 16(3), 455-464.

[https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30080-3](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30080-3)

Castro, D. P. V., Yamamoto, S. M., Araújo, G. G. L., Pinheiro, R. S. B., Queiroz, M.

A. A., Albuquerque, Í. R. R., y Moura, J. H. A. (2017). Influence of drinking water salinity on carcass characteristics and meat quality of Santa Inês lambs.

Tropical Animal Health and Production, 49(6), 1095-1100.

<https://doi.org/10.1007/s11250-017-1289-5>

Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., y Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del

agua: Evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), Art.

17. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>

Castro-del Campo, N. C., Enríquez-Verdugo, I., Portillo-Loera, J. J., y Gaxiola-

Camacho, S. M. (2017). Prevalencia y factores de riesgo asociados a

Cryptosporidium spp en corderos de pelo del Municipio de Culiacán, Sinaloa,

México. *Revista Científica-Facultad de Ciencias Veterinarias*, 27(4), Art. 4.

<http://cientificajournal.com/index.php/path/article/view/413>

Cervantes-Noriega, A., López, N., Estrada, A., Castro-Pérez, B., Ponce-Barraza, E.,

Valencia, G., Barreras-Serrano, A., y Plascencia, A. (2022). The Reduction of

Bacterial Load and Total Solid in Drinking Water Qualified as “Clean” for

Livestock, Increases Growth Performance and Reduce Diarrhea Frequency

in Finishing Lambs. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10.

<https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.5.980.984>

Cirelli, A. F. (2012). El agua: Un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.

Crawshaw, L. I. (1980). Temperature Regulation in Vertebrates. *Annual Review of*

Physiology, 42(1), 473-491.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ph.42.030180.002353>

- Cunningham, M. D., Martz, F. A., y Merilan, C. P. (1964). Effect of Drinking-Water Temperature upon Ruminant Digestion, Intraruminal Temperature, and Water Consumption of Nonlactating Dairy Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 47(4), 382-385. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(64\)88671-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(64)88671-9)
- Curran, G. (2014). Water for livestock: Interpreting water quality tests. *NSW Department of Primary Industries*, 14(2), 4.
- Ebissy, R. S. M. G. R. D. E. A. T. E. A. E. (2019). Oxidative Stress and Histopathological Alternations in Sheep as A Result of Drinking Saline Water Under the Arid Conditions of Southern Sinai, Egypt -. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 61(1), 54-66.
- Ehrlenbruch, R., Eknæs, M., Pollen, T., Andersen, I. L., y Bøe, K. E. (2010). Water intake in dairy goats—The effect of different types of roughages. *Italian Journal of Animal Science*, 9(4), e76. <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e76>
- Eng, S.-K., Pusparajah, P., Mutalib, N.-S. A., Ser, H.-L., Chan, K.-G., y Lee, L.-H. (2015). Salmonella: A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8(3), 284-293. <https://doi.org/10.1080/21553769.2015.1051243>
- Ensley, S. (2000). Relationships of drinking water quality to production and reproduction in dairy herds. *Retrospective Theses and Dissertations*. <https://doi.org/10.31274/rtd-180813-13590>
- Esqueda Coronado, M. H., y Gutiérrez Ronquillo, E. (2009). *Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo extensivo en el norte de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Esqueda, M. H., y Estrada, A. (2008). *Manual de prácticas mínimas necesarias en la ovinocultura en el norte de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- FAO. (2022). *FAOSTAT*. Food and Agriculture Organization.

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA>

- Fernández-Cirelli, A., Schenone, N., Pérez-Carrera, A., y Volpedo, A. (2010). *Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. 1*, 45-66.
- Fong, T.-T., y Lipp, E. K. (2005). Enteric Viruses of Humans and Animals in Aquatic Environments: Health Risks, Detection, and Potential Water Quality Assessment Tools. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 69(2), 357-371. <https://doi.org/10.1128/MMBR.69.2.357-371.2005>
- Forbes, J. M. (1968). The water intake of ewes. *British Journal of Nutrition*, 22(1), 33-43. <https://doi.org/10.1079/BJN19680006>
- German, D., Thiex, N., y Wright, C. (2008). Interpretation of Water Analysis for Livestock Suitability. *Agricultural Experiment Station Circulars*, 274, 12.
- Ghanem, M., Zeineldin, M., Eissa, A., El Ebissy, E., Mohammed, R., y Abdelraof, Y. (2018). The effects of saline water consumption on the ultrasonographic and histopathological appearance of the kidney and liver in Barki sheep. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 80(5), 741-748. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0596>
- Guillén Vásquez, V. L., Teck García, H. D., Kohlmann, B., y Yeomans, J. (2012). Microorganismos como bioindicadores de calidad de aguas. *Universidad EARTH*. <https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEARTH/92>
- Hernández-Marín, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruíz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., y Gallegos-Sánchez, J. (2017). *Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. 10*(3).
- Herrera, C. D. (2012). *Comportamiento productivo y reproductivo de vacas holstein que consume agua de pozo profundo y de ósmosis inversa* [Universidad Autónoma de Chapingo]. <https://chapingo.orex.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=169808>

- Higgins, S. F., y Agouridis, C. T. (2008). *ID-170: Drinking Water Quality Guidelines for Cattle*. 4.
- Hussein, A., El-Ati, M. A., y Abdelsattar, M. (2020). The influence of betaine supplementation on the deleterious effects of saline water consumption on carcass characteristics and meat quality of growing lambs. *Egyptian Journal of Animal Production*. <https://doi.org/10.21608/ejap.2020.92876>
- Irisk, M. (2012). *Water Quality for Livestock* (p. 3). University of Florida College of Veterinary Medicine. <https://vetmed-extension.sites.medinfo.ufl.edu/files/2012/02/Water-quality-for-Livestock-FCA-mag-article-2010-april210sent.pdf>
- Khan, M. S., y Ghosh, P. K. (1989). Physiological response of desert sheep and goats to grazing during summer and winter. *Indian Journal of Animal Sciences (India)*.
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Physiological+response+of+desert+sheep+and+goats+to+grazing+during+summer+and+winter&author=Khan%2C+M.S.&publication_year=1989
- Landefeld, M. (2003). *Water effects on livestock performance*. The Ohio State University. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/ANR-13>
- Lardner, H. A., Kirychuk, B. D., Braul, L., Willms, W. D., Yarotski, J., Lardner, H. A., Kirychuk, B. D., Braul, L., Willms, W. D., y Yarotski, J. (2005). The effect of water quality on cattle performance on pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(1), 97-104. <https://doi.org/10.1071/AR04086>
- Lardy, G., Stoltenow, C., y Johnson, R. (2008). AS-954 Livestock and Water [2008]. AS-954, 8.
- LeJeune, J. T., Besser, T. E., y Hancock, D. D. (2001). Cattle Water Troughs as Reservoirs of *Escherichia coli* O157. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(7), 3053-3057. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.7.3053->

- Li, B., Vellidis, G., Liu, H., Jay-Russell, M., Zhao, S., Hu, Z., Wright, A., y Elkins, C. A. (2014). Diversity and Antimicrobial Resistance of *Salmonella enterica* Isolates from Surface Water in Southeastern United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(20), 6355-6365. <https://doi.org/10.1128/AEM.02063-14>
- Llena, J. M., y Tashia, S. L. (2011). *La calidad del agua y sus usos diferentes en ganadería*. 31-35.
- Loneragan, G. H., Wagner, J. J., Gould, D. H., Garry, F. B., y Thoren, M. A. (2001). Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 79(12), 2941-2948. <https://doi.org/10.2527/2001.79122941x>
- Looper, M., y Waldner, D. (2002). Water for Dairy Cattle. *Guide D-107*, 8.
- López, A., Arroquy, J. I., y Distel, R. A. (2016). Early exposure to and subsequent beef cattle performance with saline water. *Livestock Science*, 185, 68-73. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.01.013>
- Mahdy, C. I. E., Boaru, A., Popescu, S., y Borda, C. (2016). Water Quality, Essential Condition Sustaining the Health, Production, Reproduction in Cattle. A Review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 73(2), Art. 2. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:12156>
- Masters, D. G., Benes, S. E., y Norman, H. C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3), 234-248. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.08.003>
- Matto, C., Artía, L., Belassi, S., y Rivero, R. (2015). Descripción de un foco de urolitiasis obstructiva obstructiva en un corral de engorde de bovinos. *Veterinaria (Montevideo)*, 51(199), 3-3.

- McGregor, B. A. (2004). *Water Quality and Provision for Goats: A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation*. RIRDC. https://books.google.com.mx/books/about/Water_Quality_and_Provision_for_Goats.html?id=8CZuAAAACAAJ&redir_esc=y
- Mdletshe, Z. M., Chimonyo, M., Marufu, M. C., y Nsahlai, I. V. (2017). Effects of saline water consumption on physiological responses in Nguni goats. *Small Ruminant Research*, 153, 209-211. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.06.019>
- Mi, R., Wang, X., Huang, Y., Mu, G., Zhang, Y., Jia, H., Zhang, X., Yang, H., Wang, X., Han, X., y Chen, Z. (2018). Prevalence and genotyping of *Cryptosporidium* species in sheep in China. *Applied and Environmental Microbiology*. <https://doi.org/10.1128/AEM.00868-18>
- Morgan, S. E. (2011). Water quality for cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 27(2), 285-295, vii-iii. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.02.006>
- National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. National Academies Press.
- Nelson, D., y Cox, M. (2022). *Principios de Bioquímica de Lehninger*. Artmed Editora.
- Nic Lochlainn, L. M., Sane, J., Schimmer, B., Mooij, S., Roelfsema, J., van Pelt, W., y Kortbeek, T. (2019). Risk Factors for Sporadic Cryptosporidiosis in the Netherlands: Analysis of a 3-Year Population Based Case-Control Study Coupled With Genotyping, 2013–2016. *The Journal of Infectious Diseases*, 219(7), 1121-1129. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiy634>
- Niles, G. A. (2017). Toxicoses of the Ruminant Nervous System. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 33(1), 111-138. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.09.009>

- OCDE, y FAO. (2022). *OCDE-FAO Perspectivas agrícolas 2019-2028*.
https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=HIGH_AGLINK_2019&lang=en#
- Olkowski, A. A. (2009). *Livestock Water Quality: A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry and Swine*. University of Saskatchewan.
- Omarova, A., Tussupova, K., Berndtsson, R., Kalishev, M., y Sharapatova, K. (2018). Protozoan Parasites in Drinking Water: A System Approach for Improved Water, Sanitation and Hygiene in Developing Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3).
<https://doi.org/10.3390/ijerph15030495>
- Partida de la Peña, J. A., Ríos Rincón, F. G., Cruz Colín, L. de la, Domínguez Vara, I. A., Buendía Rodríguez, G., Partida de la Peña, J. A., Ríos Rincón, F. G., Cruz Colín, L. de la, Domínguez Vara, I. A., y Buendía Rodríguez, G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(3), 269-277.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4203>
- Patterson, T., y Johnson, P. (2003). *Effects of Water Quality on Beef Cattle*.
<https://doi.org/10.1002/9781118133333.ch1>
- Pulido, M. del P. A., Navia, S. L. Á. de, Torres, S. M. E., y Prieto, A. C. G. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *NOVA*, 3(4), Art. 4. <https://doi.org/10.22490/24629448.338>
- Qi, K., Lu, C. D., y Owens, F. N. (1993). Sulfate supplementation of growing goats: Effects on performance, acid-base balance, and nutrient digestibilities. *Journal of Animal Science*, 71(6), 1579-1587.
<https://doi.org/10.2527/1993.7161579x>
- Raisbeck, M., BS, S., Jackson, R., Smith, M., Reddy, K. J., y BS, J. (2008). Water Quality for Wyoming Livestock & Wildlife A Review of the Literature Pertaining

to Health Effects of Inorganic Contaminants. *University of Wyoming Agricultural Station Bulletin*, 1183.
https://www.wyoextension.org/publications/Search_Details.php?pubid=822

Ramírez, M., Martínez, A., y Robles, C. (2020). *Urolithiasis in small ruminants (review)*. 5, 112-122.

Ray, D. E. (1989). Interrelationships among Water Quality, Climate and Diet on Feedlot Performance of Steer Calves. *Journal of Animal Science*, 67(2), 357-363. <https://doi.org/10.2527/jas1989.672357x>

Rice, D. H., McMenamin, K. M., Pritchett, L. C., Hancock, D. D., y Besser, T. E. (1999). Genetic subtyping of *Escherichia coli* O157 isolates from 41 Pacific Northwest USA cattle farms. *Epidemiology and Infection*, 122(3), 479-484. <https://doi.org/10.1017/s0950268899002496>

Rodríguez Vivas, R. I., L., G., Pérez de León, A., Villela, H., Torres-Acosta, F., Fragoso, H., Romero-Salas, D., Rosario-Cruz, R., F., S., y D., G. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8, 61-74. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305>

Runyan, C., Bader, J., y Mathis, C. (2016). *Water quality for livestock and poultry*. New Mexico State University.

SADER. (2014). *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

SAGARPA. (2016). *Plan rector sistema producto ovinos*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Sager, R. (2000). Agua para bebida de bovinos. *Serie Técnica*, 5.

Saucedo-Terán, R. A., Holguín-Licón, C., Jurado-Guerra, P., Ochoa-Rivero, J. M.,

- Rubio-Arias, H. O., Saucedo-Terán, R. A., Holguín-Licón, C., Jurado-Guerra, P., Ochoa-Rivero, J. M., y Rubio-Arias, H. O. (2017). Cattle drinking water quality in the cow-calf beef operation in southern Chihuahua, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(11), 331-340. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.1071>
- Seerley, R. W., Emerick, R. J., Embry, L. B., y Olson, O. E. (1965). Effect of Nitrate or Nitrite Administered Continuously in Drinking Water for Swine and Sheep. *Journal of Animal Science*, 24(4), 1014-1019. <https://doi.org/10.2527/jas1965.2441014x>
- Sharma, A., Kundu, S. S., Tariq, H., Kewalramani, N., y Yadav, R. K. (2017). Impact of total dissolved solids in drinking water on nutrient utilization and growth performance of Murrah buffalo calves. *Livestock Science*, 198, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.002>
- SIAP. (2022). *Datos Abiertos*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php
- Stein, R. A., y Katz, D. E. (2017). Escherichia coli, cattle and the propagation of disease. *FEMS Microbiology Letters*, 364(6). <https://doi.org/10.1093/femsle/fnx050>
- Swerdlow, D. L., Woodruff, B. A., Brady, R. C., Griffin, P. M., Tippen, S., Donnell, H. D., Geldreich, E., Payne, B. J., Meyer, A., y Wells, J. G. (1992). A waterborne outbreak in Missouri of Escherichia coli O157:H7 associated with bloody diarrhea and death. *Annals of Internal Medicine*, 117(10), 812-819. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-117-10-812>
- Trejo-Téllez, B. I., de los Ríos-Carmenado, I., Figueroa-Sandoval, B., y Morales-Flores, F. J. (2011). *Ánalysis de la cadena de valor del sector ovino en Salinas, San Luis Potosí, México*. 8, 249-260.
- Tsukahara, Y., Puchala, R., Sahlu, T., y Goetsch, A. L. (2016). Effects of level of

- brackish water on feed intake, digestion, heat energy, and blood constituents of growing Boer and Spanish goat wethers¹. *Journal of Animal Science*, 94(9), 3864-3874. <https://doi.org/gha>
- Tuells, I. G., y Erviti, N. E. (2016). *Determinación e interpretación de calidad de agua destinadas a uso ganadero*. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/1642>
- Umar, S., Munir, M. T., Azeem, T., Ali, S., Umar, W., Rehman, A., y Shah, M. (2014). Effects of Water Quality on Productivity and Performance of Livestock: A Mini Review. *Veterinaria*, 2, 11-15.
- Valenzuela, E., Godoy, R., Almonacid, L., y Barrientos, M. (2012). Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana. *Revista chilena de infectología*, 29(6), 628-634. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182012000700007>
- Walters, S. P., González-Escalona, N., Son, I., Melka, D. C., Sassoubre, L. M., y Boehm, A. B. (2013). Salmonella enterica Diversity in Central Californian Coastal Waterways. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(14), 4199-4209. <https://doi.org/10.1128/AEM.00930-13>
- Whaley, J., Froehlich, K., y Carroll, H. (2022). *Sheep Water Requirements and Quality Testing* (H-4). South Dakota State University Extension. <https://extension.sdstate.edu/sheep-water-requirements-and-quality-testing>
- Whitehead, E., y Moxon, A. (1952). Nitrate Poisoning. *Research Bulletins of the South Dakota Agricultural Experiment Station (1887-2011)*. https://openprairie.sdstate.edu/agexperimentsta_bulletins/424
- Wright, C. L. (2007). Management of water quality for beef cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 23(1), 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.12.002>

CAPÍTULO II

III ARTÍCULOS DERIVADOS DEL ESTUDIO

3.1 The Reduction of Bacterial Load and Total Solid in Drinking Water Qualified as “Clean” for Livestock, Increases Growth Performance, and Reduce Diarrhea Frequency in Finishing Lambs

ESTATUS: Publicado en la Revista: “Advances in Animal and Veterinary Sciences”

Cervantes-Noriega, A., López, N., Estrada-Angulo, A., Castro-Pérez, B., Ponce-Barraza, E., Valencia, G., Barreras-Serrano, A., and Plascencia, A. (2022). The Reduction of Bacterial Load and Total Solid in Drinking Water Qualified as “Clean” for Livestock, Increases Growth Performance and Reduce Diarrhea Frequency in Finishing Lambs. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.5.980.984>

Running title: Filtered-sanitized water vs raw water in finishing lambs

The reduction of bacterial load and total solid in drinking water qualified as “clean” for livestock, increases growth performance and reduce diarrhea frequency in finishing lambs

Short Communication

ADRIANA CERVANTES-NORIEGA¹, NORMA A. LÓPEZ², ALFREDO ESTRADA-ANGULO², BEATRIZ I. CASTRO-PÉREZ², ELIZAMA PONCE-BARRAZA², GILBERTO LÓPEZ-VALENCIA¹, ALBERTO BARRERAS¹, ALEJANDRO PLASCENCIA^{3*}

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, México; ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, México; ³Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, México.

***Correspondence:** Alejandro Plascencia, Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, Avenida Universidad S/N, Flamingos, 81048, Sinaloa, México; Email: aplas_99@yahoo.com; alejandro.plascencia@uadeo.mx.

Abstract: Twenty four Pelibuey × Katahdin male intact lambs (33.22 ± 4.02 kg) were used in order to evaluate the effect of filtering-sanitization of water offered as drink water on growth performance, dietary energetics, carcass traits, and diarrhea frequency in finishing lambs. Lambs were fed with a cracked corn-based high-energy diet during 89-d. Treatment consisted in filtering and sanitization of raw dam water qualified as "clean and safe" comparing it as follows: 1) dam water (RAW), and 2) dam filtered-sanitized water (FILT). Water filtered-sanitized decreased three-fold total solids and remove coliforms, E. coli, and salmonella. Filtered-sanitized water increased 10% water intake, 8% daily gain, and 3% dietary net energy utilization. There was no evidence of infectious diarrhea during the experiment. Non-infectious diarrhea frequency and days on diarrhea were decreased 33% by FILT. Hot carcass weight (HCW) and longissimus muscle area (LM) were increased by FILT. Lambs drank FILT shown lower relative weight of stomach complex and tended ($P=0.06$) to have lower relative intestinal weight. It is concluded that reduction of TDS and the bacterial load in water qualified as "clean and safe" decreases frequency and days of diarrhea during diet period adaptation, promoting better diet energy utilization, improving weight gain, and HCW and LM area.

Keywords: Water quality, Finishing lambs, Growth-performance, Carcass traits, Diarrhea

The role of drinking water in productive efficiency and health in small ruminants is well known (NRC, 2007). However, drinking water can be a transport of contaminants and bacterial that can affect animal health and productivity. In this sense, several studies have been conducted to determine the impact of high total dissolved solids (TDS) concentration and bacterial count load in drink water on performance and health of ruminants. High concentration (>1000 mg/L) of TDS and infectious bacterial (> 100 CFU/mL) can reduce growth performance and health (mainly scours; Rinella et al., 2021). Then, when water had lower TDS (<1000 mg/L) and bacterial count load (CFU <100 /mL) is enough to qualified it as “clean and safe water for livestock” (Van Eenige et al., 2013). Recently, the introduction of "best management practices" in dairy herds has led to improving the quality of the water used in production processes by drastically reducing total solids and eliminating infectious bacteria by filtering and sanitizing. Even when there is not enough evidence, it is mentioned that the increase of quality drinking water by filter and sanitizing improves performance and health in dairy cattle (Beede, 2019). To our knowlege, there are no studies that directly assess the effects of improve the quality of drinking “clean and safe” water by filtering-sanitation process on growth performance, dietary energetics, and carcass characteristics of feedlot lambs. Therefore, the objective of this experiment was to evaluate the effects of the filtration and sanitization of drinking water on growth performance, dietary energetics, carcass traits, and diarrhea frequency in fattening lambs.

This experiment was conducted at the Universidad Autonoma de Sinaloa Feedlot Lamb Research Unit. All animal management and care procedures were in accordance with the guidelines approved by the Universidad Autonoma de Sinaloa Animal Use and Care Committee (Protocol #7042021). During the course of the experiment, environmental air temperature averaged 26.8°C , and relative humidity averaged 45.6%. In order to evaluate the treatments, 24 Pelibuey $\times$ Katahdin male intact lambs (33.22 ± 4.02 kg) were used in a randomized complete block design experiment in a growth-performance trial, which lasted 89-d. Four weeks before initiation of the experiment, lambs were adapted to the basal diet offered during the trial (a total mixed corn-based diet containing 14.10% crude protein, 16.87% neutral

detergent fiber, 55.28% non-fiber carbohydrates, 5.65% ether extract, and 1.98 Mcal/kg of net energy of maintenance). The health management and weighing procedures of lambs were performed as is described by Arteaga-Wences et al. (2021). Lambs were blocked by initial weight and randomly assigned within weight groupings to 12 pens (2 lambs/pen). Treatments were randomly assigned to pens within weight blocks. Pens were 6 m² with overhead shade and 1 m fence-line feed bunks. Plastic waterers type bucket (25 L cap. Induplastic de México, Tlalneplantla, México) was used. Treatments consisted in the offer ad libitum local dam water as follows: 1) dam raw water (RAW), and 2) dam filtered-sanitized water (FILT). The source of dam water was located 25 km from research facilities. Approximately 1500 L of water was taken and transported weekly in plastic containers (cap. 250 L, Rotoplas México, Los Mochis, Sin.). Half of the transported water was treated by filtering-sanitation process including coagulation, flocculation, sedimentation, filtering and adsorption, and sanitation. Filtration was performed through carbon filters (Polyglass, 33 × 137 cm mesh 0.057 m³ of activated carbon from coconut shell, capacity 28 L/min), reverse osmosis (Water IXC, double membrane Hydron BW-4040 1.11 kW) and sanitation was reached by UV light (Viqua lamp, Pro10) and chlorination (0.5 to 1.0 ppm). Water intake was measured daily at 0700 h by dipping a graduated rod into the bucket drinker (Fairgate Rule #FG14-101, Thomaston, CT, USA). Once the measure was taken, the remaining water was drained, and buckets were cleaned and refilled with fresh water. Lambs were fed the diet provided fresh twice daily at 0800 and 1400 h. Residual feed was collected daily between 0740 and 0750 h each morning, and weighed. Feed intake was determined as the difference between quantities offered minus refusals. Feed samples and feed refusal were collected daily and were composited weekly. Feed and feed refusal composited samples were subject to DM analysis (method 930.15; AOAC, 2000). Lambs were weighed just prior to the morning feeding on days 1 and 89 (final day).

Physicochemical and microbiological analyses of the RAW and FILT water, were carried out weekly. The samples (500 mL taken in sterile plastic bottles) were subjected to the following determinations: total alkalinity, hardness, total dissolved solids, turbidity, sulfates, chlorides, total coliforms, fecal coliforms, *E. coli*, and

salmonella (evaluated by most probable number). The procedures for collection and analysis of water samples were carried out following the standard methods for the examination of water and wastewater established by the American Public Health Association (APHA, 2017).

Average daily gain (ADG) was computed by subtracting the initial weight from final weight and dividing the result by the 89 days on feed. Feed efficiency was computed by dividing ADG by average daily dry matter intake (DMI). Dietary net energy estimations were performed based on the averages of weight, ADG, and DMI of fattening period following the equations and energetic derivations exposed by Arteaga-Wences et al. (2021). Lambs immobilization, the slaughter procedure, as well as the measures taken to the carcass and visceral mass were carried out as described by Castro-Pérez et al. (2021).

Performance data (DMI, gain, gain efficiency, observed dietary NE, observed-to-expected dietary NE ratio), carcass characteristics, and visceral organ mass data were analyzed as a randomized complete block design using the MIXED procedure of SAS software (SAS, 2007). All the data were tested for normality using the Shapiro-Wilk test. Water intake was analyzed as a completely randomized design using linear mixed model for analysis of repeated measures (SAS, 2007). Diarrhea frequency between experimental treatments were analyzed with Chi-square test using FREQ procedure of SAS (2007). Treatment means were separated using the “honestly significant difference test” (Tukey’s HSD test). Treatment effects were considered significant when the P-value was ≤ 0.05 and were identified as trends at $P > 0.05 \leq 0.10$.

Chemical characteristics of RAW and FILT water are shown in Table 1. According to the chemical composition, RAW and FILT meets the characteristics to be qualified as “clean and safe water for livestock” (Van Eenige et al., 2013). The main effects of water filtration-sanitization were decreased three-fold total solids and the totally removal of bacterial. This confirms the effectivity of UV and chlorination of water as disinfection treatments (Hruskova et al., 2016). Filtered-sanitized water increased ($P \leq 0.04$) 10% water intake, 8% daily gain, and 3% dietary net energy utilization

(Table 2). The behavior of a higher water consumption for FILT was maintained throughout the experiment (Fig. 1). When compared low TDS (<1000) vs high TDS (>8000) it have been reported increases of water intake by low TDS in cattle (López et al., 2016). However, there are no information about comparing water intake between groups that drink water containing lower than 1000 mg/L TDS, even so, the result obtained here could be more associated with acceptability of water (Sharma et al., 2017). In healthy animals grown under non-stressful ambient conditions, the expected ratio of observed-to-expected dietary NE would be 1.0. That is, lamb ADG is consistent with DMI and energy density of the diet. If ratio is greater than 1, the observed dietary NE is greater than anticipated based on diet composition NRC (2007), and efficiency of energy utilization is enhanced. In this case, RAW lambs performed as expected (ratio=0.99), but FILT lambs enhanced the energy utilization of diet (ratio=1.02). Improves on diet energy utilization by FILT was not expected. However, this could be promoted by better nutrient utilization as consequence of greater nutrient dilution and passage rate by greater water intake (Fraley et al., 2015) and by healthy and thinner gastrointestinal walls (Estrada-Angulo et al., 2021) by lower bacterial load in water. There was no evidence of diarrhea caused by infectious agents during the experiment. All cases of diarrhea were minor and declared by a practicing veterinarian as "moderato-to-low feed scours" and were majority presented (>90%) in the first 14-d of the experiment. The frequency of non-infectious diarrhea during the first days of fattening (i.e. first 14 days) when cattle fed with high-energy diets is variable but, it is to be expected (Gouws, 2019). In this case, diarrhea frequency and days on diarrhea were decreased 33% by FILT. The faster recovery in FILT lambs could be promoted by reduction of guts stressors such the lower bacterial load in FILT lambs (Salvin et al. 2020). Hot carcass weight (HCW) and longissimus muscle area (LM) were increased ($P \leq 0.04$) 5.2 and 9.2% by FILT (Table 3). This increases were a direct reflection of the greater daily gain rate resulted in greater (3.7%, $P=0.02$) final weight observed to FILT lambs (Rivera-Villegas et al., 2019), in addition, the tendency ($P=0.06$) of greater (10.4%) KPH deposition could be an indicative to a greater energy utilization of the diet with FILT (Estrada-Angulo et al., 2021). Lambs drank FILT shown lower (7.2%, $P=0.02$) relative weight of

stomach complex and tended ($P=0.06$) to have 3.9% lower relative intestinal weight (Table 3). The lower relative weight of stomach complex observed to FILT was a direct reflex of 9% lower of rumen fill (data not shown). This is uncertain since lambs received the same diet and no difference on DMI was observed. The relative reduction in intestinal mass observed in the present study may be evidence of decreased inflammation of the intestinal wall by absent infectious bacterial in water with FILT treatment (Arteaga-Wences et al., 2021).

It is concluded that increasing water quality of the water qualified as “clean and safe” by reduction of total solid and elimination of the bacterial load as consequence of filtering and sanitization decreased diarrhea duration promoting better energy utilization of diet, increasing weight gain, as well as HCW and LM area. Due to the cost of water filtering and sanitization, it is necessary evaluate the economic feasibility to applied in lambs feedlot system.

AUTHOR’S CONTRIBUTION

ACN, NLU, and BICP, run the experiment; ELB, evaluated carcass traits; AB analyzed the data. AEA designed the research work, advice the experiment. AC and GLV designed the research work; AP designed the research work, data curation, corrected, interpreted and write the manuscript.

REFERENCES

- AOAC (2000) Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. Gaithersburg, MD.
- APHA (2017). American Journal of Public Health. Baird RB, Eaton AD, Rice EW (Ed) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition. APHA, press. Washington, DC.
- Arteaga-Wences YJ, Estrada-Angulo A, Gerardo Ríos-Rincón FG, Castro-Pérez BI, Mendoza-Cortéz DA, Manriquez-Núñez OM, A. Barreras A, Corona-Gochi L, Zinn RA, Perea-Domínguez XP, Plascencia A (2021). The effects of feeding

a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. Small Rum. Res., 205: 106557. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106557>.

Beede D K (2019). Evaluation of Water Quality and Nutrition for Dairy Cattle. DAIReXNET. Extension Foundation. <https://dairy-cattle.extension.org/evaluation-of-water-quality-and-nutrition-for-dairy-cattle/>

Castro-Pérez BI, Núñez-Benítez VH, Estrada-Angulo A, Urías-Estrada JD, Gaxiola-Camacho SM, Rodríguez-Gaxiola MA, Angulo-Montoya C, Barreras A, Zinn RA, Perea-Domínguez XP, Plascencia A (2021). Evaluation of standardized mixture of synbiotic-glyconutrients supplemented in lambs finished during summer season in tropical environment: Growth performance, dietary energetics, and carcass characteristics. Can J. Anim. Sci., Online <https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0202>

Estrada-Angulo A, Zapata-Ramírez O, Castro-Pérez BI, Urías-Estrada JD, Gaxiola-Camacho S, Angulo-Montoya C, Ríos-Rincón F, Barreras A, Zinn RA, Leyva-Morales JB, Perea-Domínguez X, Plascencia A (2021). The effects of single or combined supplementation of probiotics and prebiotics on growth performance, dietary energetics, carcass traits, and visceral mass in lambs finished under subtropical climate conditions. Biology, 10:11:1137. <https://doi.org/10.3390/biology10111137>

Fraley SE, Hall MB, Nennich TD (2015). Effect of variable water intake as mediated by dietary potassium carbonate supplementation on rumen dynamics in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 98:3247-3256. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8557>

Hruskova T, Sasakova N, Bujdosova Z, Kvakacka V, Gregova G, Verebova V, Valko-Rokytovska M, Takac L (2016). Disinfection of potable water sources on

animal farms and their microbiological safety. *Vet. Med. (Praha)*, 61: 173–186.
<https://doi.org/0.17221/8818-VETMED>

López A, Arroquy JI, Distel RA (2016). Early exposure to and subsequent beef cattle performance with saline water. *Livest. Sci.*, 85: 68–73.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.01.013>

NRC (2007). National Research Council. Nutrient requirement of small ruminant. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academy Press, Washington, DC, USA.

Rinella MJ, Muscha JM, Reinhart KO, Petersen MK (2021). Water quality for livestock in northern Great Plains rangelands. *Rangel. Ecol. Manag.*, 75:29-34.
<https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.11.005>

Rivera-Villegas A, Estrada-Angulo A, Castro-Pérez BI, Urías-Estrada JD, Ríos-Rincón FG, Rodríguez-Cordero D, Barreras A, Plascencia A, González-Vizcarra VM, Sosa-Gordillo JF, Zinn RA (2019). Comparative evaluation of supplemental zilpaterol hydrochloride sources on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics of finishing lambs. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 32:209-216. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0152>

Salvin HE, Lees AM, Café LM, Colditz IG, Lee C (2020). Welfare of beef cattle in Australian feedlots: a review of the risks and measures. *Anim. Prod. Sci.*, 60:1569-1590. <https://doi.org/10.1071/AN19621>

SAS (2007). Statistical Analytical System. Institute Inc. SAS Proprietary Software Release 9.3; SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Sharma A, Kundu SS, Tariq H, Kewalramani N, Yadav RK (2017). Impact of total dissolved solids in drinking water on nutrient utilisation and growth performance of Murrah buffalo calves. *Livest. Sci.*, 198:17-23.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.002>

Van Eenige MJEMI, Counotte GHMII, Noordhuizen JPTM (2013). Drinking water for dairy cattle: always a benefit or a microbiological risk? Tijdschr. Diergeneesk., 138: 86-99. PMID: 23457917.

Table 1. Physicochemical and microbiological characteristics of filtered and unfiltered dike water offered to lambs.

Item	Dam water	
	Filtered	Raw
Total alkalinity as CaCO ₃ , mg/L	133.4	151.0
Chlorides, mg/L	59.3	45.8
Total hardness, mg/L	156.0	156.0
Total dissolved solids, mg/L	256.0	776.0
Total solids, mg/L	269.0	909.0
Sulfates, mg/L	36.1	39.2
Turbidity, FTU	1.1	5.4
pH	7.1	8.0
Total coliforms, MLN/mL	UNDETECTABLE	93.0
Fecal coliforms, MLN/mL	UNDETECTABLE	47.0
E. coli, MPN/mL	UNDETECTABLE	43.0
Salmonella in 1000 mL	ABSENT	ABSENT
Residual free chlorine	1.5	-

Table 2. Treatments effect on growth performance, dietary energy and diarrhea cases in finishing lambs receiving unfiltered and filtered dam water as drinking source water

Item	Dam water		SEM	P-value
	Raw	Filtered		
Live weight (kg) ¹				
Initial	33.10	33.34	0.2724	0.56
Final	54.13	56.21	0.4316	0.02
Water consumption (L/d)	3.829	4.255	0.1092	0.04
Daily gain (kg)	0.239	0.260	0.0048	0.03
Dry matter intake (kg/d)	1.322	1.389	0.0304	0.30
Gain to feed (kg/kg)	0.180	0.187	0.0023	0.06
Observed dietary NE				
Maintenance	1.96	2.02	0.014	0.03
Gain	1.31	1.36	0.012	0.03
Observed-to-expected dietary NE				
Maintenance	0.99	1.02	0.007	0.04
Gain	0.99	1.02	0.009	0.04
Diarrhea				
Frequency (%)	26.96	17.97	1.78	0.03
Average days on diarrhea	2.0	1.33	0.022	0.05
Diarrhea relative to fattening period (%)	15.7	11.2	1.47	0.05

Table 3. Treatments effect on carcass characteristics and visceral mass of lambs

Item	Dam water		SEM	P-value
	Raw	Filtered		
Hot carcass weight (kg)	31.80	33.58	0.519	0.02
Dressing percentage	58.92	59.70	0.010	0.43
Cold carcass weight (kg)	31.38	33.10	0.533	0.02
Longissimus muscle area (cm ²)	18.31	20.17	0.695	0.04
Fat thickness(mm)	2.41	2.47	0.279	0.84
Kidney-pelvic-heart fat (%)	2.06	2.30	0.091	0.06
Organs (g/kg of EBW)				
Stomach complex ¹	26.86	24.91	0.383	0.02
Intestines ²	47.95	46.04	0.742	0.06
Heart/lungs	20.60	19.80	0.764	0.34
Liver/spleen	16.95	16.34	0.667	0.40
Kidney	2.51	2.50	0.102	0.92
Visceral fat	31.79	31.67	3.420	0.97

EBW = empty body weight.

¹ Stomach complex = (rumen + reticulum + omasum + abomasum), without digesta.

² Small and large intestines without digesta

3.2 Importancia de la Calidad del Agua en la Producción de Pequeños Rumiantes

ESTATUS: Enviado a revista Abanico Veterinario

Importancia de Calidad del Agua en la Producción de Pequeños Rumiantes

Importance of water quality in small ruminants production

Cervantes-Noriega Adriana^{1*} ID, López-Valencia Gilberto¹ ID, Monge-Navarro Francisco¹ ID, Barreras-Serrano Alberto¹ ID, Estrada-Angulo Alfredo² ID, Plascencia-Jorquera Alejandro² ID

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México. *Autor responsable y de correspondencia: Cervantes-Noriega Adriana; Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Km 3.5 carretera a San Felipe, fraccionamiento Campestre, CP 21386, Mexicali, Baja California. E-mail: adriana.cervantes@uabc.edu.mx, gilbertolopez@uabc.edu.mx, fmongenavarro@gmail.com, abarreras@uabc.edu.mx, alfred_vet@hotmail.com, aplas_99@yahoo.com

RESUMEN

La cría y explotación exitosa del ganado ovino y caprino se fundamenta en un adecuado manejo sanitario y nutricional, donde el agua representa un factor importante y cualquier cambio en su composición y disponibilidad conduce a una alteración en el comportamiento animal. Los pequeños rumiantes son capaces de ingerir una gran variedad de tipos de agua y sobrevivir. Sin embargo, algunos elementos y microorganismos en altas concentraciones pueden tener efectos negativos en su estado de salud y crecimiento, por lo que la calidad del agua puede tener una influencia considerable en la rentabilidad de la producción de pequeños rumiantes. Se han documentado los efectos de algunos compuestos el agua de bebida sobre el rendimiento productivo de bovinos. Sin embargo, existe escasa

información de estos efectos en pequeños rumiantes, por lo que es necesario que se intensifiquen los esfuerzos en la realización de estudios donde se evalúe el efecto de los componentes fisicoquímicos y microbiológicos del agua sobre la salud y respuesta productiva de pequeños rumiantes. En este sentido, el objetivo de este trabajo es ofrecer una revisión de los efectos, tanto positivos como negativos, que tienen los diferentes componentes fisicoquímicos y microbiológicos del agua en la producción de pequeños rumiantes.

Palabras clave: ovinos, caprinos, calidad del agua, salud, producción.

ABSTRACT

Successful breeding and raising of sheep and goats depend on appropriate sanitary and nutritional management, where water plays a crucial role in the process. Alterations in water quality and availability might lead to alterations in animal productivity. Small ruminants are capable to ingest water in a wide range of qualities with little or no effect on health and performance, however; some elements and microorganisms, present in high concentrations can produce a negative effect on health status and weight gain performance, being the quality of water, an important factor affecting the profitability of small ruminant production. The effects on the productive performance of cattle of some compounds like total dissolved solids, sulfates, and sulfur in drinking water have been documented. However, there is little information available on the effect on sheep and goats, being necessary to increase the efforts to carry out studies to evaluate the effect of the physicochemical and microbiological quality of drinking water on the health and productive performance of small ruminants. The objective of this work is to present a review of the positive and negative effects of drinking water's different physicochemical and microbiological characteristics on the productivity of small ruminants.

Keywords: sheep, goats, water quality, health, production.

INTRODUCCIÓN

El agua total neta que requieren los pequeños rumiantes es un proceso complejo y busca lograr un equilibrio para garantizar que el ingreso total de agua al organismo (agua potable libre + agua en los alimentos consumidos + agua metabólica, resultado de la degradación de los nutrientes) sea equivalente a la pérdida total de agua (agua excretada en la orina y heces + agua secretada en leche, sudor y vapor respiratorio) (Ensminger et al., 1990; Beede, 2012). La eficiencia en el equilibrio hídrico está en función de múltiples factores tales como el metabolismo corporal, temperatura ambiental, superficie y masa corporal, calidad del agua, especie, estado fisiológico, etapas de producción, raza, cobertura de lana y la composición físico-química del alimento (NRC, 2007). Dentro de los parámetros para evaluar la calidad del agua se deben incluir tanto los elementos microbiológicos como los físicos y químicos, así como cualquier otro que pueda afectar directa o indirectamente la salud de los animales. La calidad del agua está definida por elementos propios, sin embargo, al interactuar con los animales y los alimentos, los efectos pueden modificarse. La investigación ha demostrado una relación positiva entre el acceso al agua potable y los factores de rendimiento del crecimiento, como es el consumo de alimento y la ganancia diaria de peso (Landefeld, 2003). Se puede asumir que, es la calidad de la fuente de agua la que finalmente afecta su aceptabilidad por parte del ganado y que a su vez afecta la ingesta de nutrientes y la utilización del alimento (Fernández-Cirelli et al., 2010). En ese sentido, el acceso a suministros de agua abundantes y de calidad pueden mejorar la productividad del ganado (Quintuña y Faicán, 2019).

CONSUMO DE AGUA

El consumo diario de agua en los pequeños rumiantes varía aproximadamente entre el 5 y el 20% de su peso corporal vivo (Schoeman y Visser, 1995). Esta variación esta influenciada por diferentes factores como son la temperatura ambiental, la alimentación, la raza, la edad y la etapa fisiológica, entre otros (Olkowski, 2009; Whaley et al., 2022). En ese sentido, Ehrlenbruch et al. (2010) reportaron que el tipo de forraje tiene efecto sobre la ingesta diaria de agua de cabras lecheras, ya

que tienen un consumo diario de agua significativamente mayor cuando se alimentan con heno (82.4% MS) que con ensilaje (25.3% MS), 6.2 vs 4.4 L/cabeza/día respectivamente. Por otro lado, Schoeman y Visse (1995), informan que, dentro de la misma especie, el consumo de agua varía entre razas, mencionando que, de las razas de ovinos Persa cabeza negra, Dorper y Merino Sudafricano, el Persa es el más eficiente en cuanto a utilización metabólica del agua, ya que el Dorper y el Merino pueden llegar a consumir, respectivamente, hasta un 53% y un 77% más de agua por kg de ganancia de peso corporal en comparación con el Persa. Forbes (1968) presentó el siguiente modelo lineal matemático para predecir el consumo de agua en función del consumo de materia seca (CMS): Consumo de agua (L/día) = $3.86 * CMS - 0.99$, modelo que fue elegido por el (NRC, 2007) para predecir el consumo de agua. Sin embargo, como ya se mencionó, los requerimientos de agua varían según distintos factores, no solo el CMS. A pesar de esto, el modelo de Forbes (1968) es todavía ampliamente utilizado, ya que es un método práctico y acertado para la predicción del consumo de agua de pequeños rumiantes en crecimiento.

EFFECTO DEL CONSUMO DE AGUA SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO

En condiciones de confort medioambiental, se considera que la cantidad de agua que voluntariamente consumen los rumiantes es proporcionalmente el doble del consumo de materia seca (MS). Esta proporción tiende a aumentar cuando se alimenta a los animales con dietas ricas en proteínas o sal (Akinmoladun et al., 2019), o con alimentos muy secos o polvorientos (NRC, 2007). Mengistu et al. (2016) reportaron reducciones en el consumo de MS del 31 y 44% en corderos Katahdin, 22 y 34% en cabras Boer, y 19 y 35% en cabras Españolas cuando la disponibilidad de agua se redujo gradualmente desde el 100 hasta el 40% de la ingesta *ad libitum*, respectivamente. Por otro lado, Casamassima et al. (2008) no reportan efecto de la restricción del ofrecimiento del agua de bebida (ofrecimiento del agua una vez cada 72 h durante 90 min) sobre el consumo de MS, estos autores mencionan que la ausencia de efecto de esta restricción en el ofrecimiento del agua puede atribuirse a que los rumiantes, gracias a que poseen un sistema de reserva

de agua, son capaces de almacenarla y utilizarla cuando las condiciones medioambientales así lo exigen.

CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA DE BEBIDA PARA RUMIANTES

Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar. En el caso del agua de bebida para animales está claramente estipulado las características que el agua debe tener para calificarse como agua de bebida segura. Y se fundamenta en aquellas que al ser consumidas por los animales no impacten negativamente en la productividad y de la salud de los mismos (Olkowski, 2009). A continuación, se abordan las principales características del agua y los principales efectos en la productividad y en la salud de los animales.

TEMPERATURA

La temperatura del agua tiene poco o nulo efecto en consumo de agua y comportamiento productivo del rumiante; sin embargo, los animales prefieren beber agua a una temperatura entre los 17 y 28°C, que consumir agua fría o caliente (Herrera, 2012). En un estudio realizado por Cunningham et al. (1964) evaluaron el efecto del agua de bebida a diferentes temperaturas ambientales (1.1, 13, 26 y 39 °C) sobre la digestión ruminal. Estos autores reportan que se consumió significativamente menos agua cuando la temperatura fue más baja (1.1°C). Sin embargo, no encontraron efecto sobre digestión ruminal cuando los animales bebieron agua extremadamente fría o caliente.

PH

El pH del agua es una medida de la concentración de iones de hidrógeno, controla la solubilidad y las concentraciones de los elementos en el agua (Morgan, 2011). El pH en el agua de bebida puede variar de 6 a 8 (Olkowski, 2009), aunque sus efectos la salud y producción del ganado son poco conocidos. El principal problema de la alteración del pH en el agua de bebida, está relacionado con la aceptabilidad de la

misma, ya que los animales pueden negarse a beber agua con pH extremos (por encima de 9 y por debajo de 5), el agua ácida (por debajo de 5) tiende a tener un sabor agrio, mientras que la básica (por encima de 9) se describe con un sabor metálico (Raisbeck et al., 2008). Se sugiere que las aguas ligeramente alcalinas (pH 7 - 7.3) son consideradas óptimas para consumo, las aguas que tienen un pH fuera de los límites normales, tienen efectos corrosivos sobre tuberías e instalaciones y posibles efectos adversos en la salud y en la producción animal (Tuells y Erviti, 2016). Por ejemplo, en los rumiantes, el consumo de agua con un pH inferior a 5 puede provocar disminución en el consumo de alimento, además de contribuir a la acidosis metabólica (Olkowski, 2009; Curran, 2014); no se recomienda el consumo de este tipo de agua en animales en corral de engorda ya que están sutilmente acidificados por su dieta, mientras que el agua alcalina con un pH superior a 9 puede aumentar el riesgo de alcalosis metabólica, provocar trastornos digestivos, mala conversión alimenticia y reducir del consumo de agua y alimento (Mahdy et al., 2016).

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (SALINIDAD)

Dentro de los factores más importantes que determinan la idoneidad del agua para el ganado está la concentración de sales en el agua de bebida (Marín, 2022). La salinidad puede medirse como Sólidos Disueltos Totales (TDS por su siglas en inglés) y se expresa en partes por millón (ppm) (que equivale a mg/L o $\mu\text{g/ml}$), los componentes asociados a la salinidad son el bicarbonato (NaHCO_3), el sulfato (SO_4^{2-}), y el sílice (SiO_2), y un grupo de concentraciones más bajas de constituyentes que incluyen el hierro (Fe), el nitrato (NO_3^-), el estroncio (Sr), el potasio (K), el carbonato (CO_3^{2-}), el fósforo (P), el boro (B) y el fluoruro (NaF) (Bagley et al., 1997). El principal inconveniente de suministrar agua salada al ganado está relacionado a problemas de aceptación debido a una menor aceptabilidad del agua, o a una respuesta conductual de los animales para protegerse del estrés salino lo que como consecuencia provoca una reducción en la ingesta de agua por unidad de peso corporal (López et al., 2016; Sharma et al., 2017) lo que a su vez provoca una disminución en el consumo de materia seca (y energía). Sin embargo, se ha

reportado que el consumo de alimento en rumiantes no está influenciado por la salinidad del agua potable con niveles de TDS inferiores al 1% (1000 ppm) (Masters et al., 2007; Tsukahara et al., 2016; Cervantes-Noriega et al., 2022). Los límites de seguridad para los TDS no están claros y varían entre especie. En diferentes publicaciones se han recomendado niveles máximos (Bagley et al., 1997; Lardy et al., 2008; Olkowski, 2009). La investigación ha demostrado que las cabras son más tolerantes a las altas concentraciones de TDS en el agua de bebida, en comparación con los corderos. En concordancia con lo anterior, McGregor (2004) menciona que las ovejas jóvenes pueden consumir agua con 5000 mg/L TDS, sin que su productividad se vea negativamente afectada, mientras que las cabras jóvenes pueden consumir hasta 7000 mg/L; un nivel notablemente superior. En cuanto a animales adultos, menciona que ambas especies pueden tolerar el doble de TDS que toleran los animales jóvenes, las cabras adultas pueden tolerar hasta 14000 mg/L TDS, mientras que las ovejas adultas 10000 mg/L. En conformidad con lo anterior, Castro et al. (2017) no encontraron efecto de suplementar hasta 8300 mg/L de TDS en el agua de bebida, sobre el peso al sacrificio, peso de la canal caliente y fría, así como rendimientos en canal, en corderos adultos Santa Inés. Sin embargo, existen contradicciones sobre el límite máximo de TDS que afecta consistentemente la productividad en pequeño rumiantes. En ese sentido, Hussein et al. (2020) reportaron reducciones en el rendimiento en canal en corderos Ossimi adultos que consumieron 15000 mg/L TDS. Sin embargo, Mdletshe et al. (2017) reportan disminuciones en la ganancia diaria de peso del 16.2% de cabras Nguni adultas cuando bebieron sólo 5500 mg/L TDS. Por otro lado, Assad y El-Sherif (2002) observaron una mayor ganancia diaria de peso en corderos que bebieron agua con 13535 mg/L de TDS en comparación con corderos que bebieron agua dulce, sin embargo, señalan que esto puede atribuirse no precisamente a una mayor ganancia de masa muscular, sino a que los corderos que bebieron agua con alto contenido de sales tenían una mayor retención de agua en todo el cuerpo.

SULFATOS

El sulfato es la forma más común de azufre (S) en el agua potable para el ganado, pero en algunas fuentes de agua, debido al entorno altamente reductor, el sulfato puede reducirse a sulfuro (Olkowski, 2009), el azufre constituye un tercio del peso molecular del sulfato (Umar et al., 2014). A su vez, el sulfuro de hidrógeno es la forma más común de azufre presente en el agua, le confiere ese olor tan característico asociado a los "huevos podridos", que para los animales no adaptados, puede ser una restricción importante (APHIS y USDA, 2000). El sulfato en el agua también contribuye al sulfato total de la ración y debe tenerse en cuenta al investigar brotes de polioencefalomalacia en rumiantes en corral de engorda. La polioencefalomalacia (PEM) es un término diagnóstico que describe la necrosis de la materia gris del cerebro (Niles, 2017), la cual se caracteriza por alteraciones neuromusculares en los animales (Umar et al., 2014). Es posible que esta enfermedad ocurra cuando el sulfato total en la ración supera el 1% en base materia seca (Carson, 2000). En los rumiantes, casi todo el sulfato ingerido es reducido a sulfuro por los microbios del rumen, el sulfuro se absorbe y se oxida secuencialmente a sulfito y sulfato en los tejidos, y el sulfato se recicla al rumen a través de la saliva (Olkowski, 2009). Se ha reportado que elevadas concentraciones de sulfato, afectan negativamente a los microorganismos ruminales, disminuyendo su número y en consecuencia la actividad metabólica microbiana total (Loneragan et al., 2001; Patterson y Johnson, 2003). Además interfieren con la absorción intestinal de otros minerales como el cobre (Irisk, 2012). En un estudio realizado por Loneragan et al. (2001) se reportó una disminución lineal de la ganancia diaria de peso promedio en rumiantes a medida que la concentración de sulfato en el agua de bebida aumentaba de 136 a 2360 mg/L.

NITRATOS Y NITRITOS

El ión nitrato (NO_3^-) es tanto un producto, como un reactivo en la cadena del metabolismo del nitrógeno animal y vegetal (Pereira y Ramírez, 2021). Su presencia en el agua va asociada a contaminaciones de materia orgánica en descomposición, la presencia de plantas acuáticas, algas, peces u otros animales muertos en los

depósitos de agua o reservorios, y a los fertilizantes presentes en el suelo (Bolaños-Alfaro et al., 2017). Para que el nitrato provoque problemas de intoxicación en rumiantes, se requiere de su reducción a nitrito dentro del rumen. El nitrito es aproximadamente 10 veces más tóxico que el nitrato. Una vez que el nitrito pasa al torrente sanguíneo, reacciona con la hemoglobina, esta reacción reduce drásticamente la capacidad de transporte de oxígeno de los eritrocitos, lo que provoca una condición denominada metahemoglobinemia (Wang et al., 2021) la cual se caracteriza por debilidad muscular, ataxia, temblores, hipersensibilidad, dificultad para respirar, puede provocar abortos y en casos extremos, la muerte del animal (Trheebilcock-Perna y Montoya-Hoyos, 2018). Las investigaciones sobre la concentración de nitratos en el agua y su efecto sobre la salud y respuesta productiva del ganado son limitadas. Seerley et al. (1965) suministraron agua con 0, 333, 667 y 1000 mg/L de nitrato a corderos castrados (33.2 kg) alimentados con una dieta con 50% de concentrado, estos autores reportan no haber encontrado efecto de las diferentes concentraciones de nitrato sobre la respuesta productiva de los corderos. Whitehead y Moxon (1952) estudiaron la toxicidad de los nitratos en las dietas del ganado e incluyeron un apartado sobre el potencial del agua con alto contenido de nitratos para provocar problemas de salud, estos autores concluyeron que, si se permite libre acceso al agua con elevadas concentraciones de nitratos probablemente no causaría una intoxicación mortal, dado que la dosis de nitrato ingerida en un solo episodio de bebida sería menor que la dosis mortal.

CLORUROS

Los cloruros son la forma más común de cloro en agua; puede estar presente en varias formas químicas ya sea de manera natural o al ser añadidos durante el tratamiento del agua (Olkowski, 2009). Los cloruros son generalmente de sodio, magnesio, calcio y potasio, que le dan un gusto amargo al agua y pueden ocasionar diarreas (Cajape, 2021). Las estimaciones de los efectos adversos asociados con el cloruro en el agua en sí son en gran parte conjeturas, porque el cloruro en el agua en circunstancias normales, generalmente está asociado con el sodio. El cloruro de sodio (NaCl) o sal común, que confiere gusto salado al agua, es la combinación de

cloruros más beneficiosa como nutriente ya que estimula el consumo y favorece la digestión de alimentos, aunque en exceso limita el consumo de agua (Walker, 2021).

MICROORGANISMOS

El agua puede ser un importante reservorio y vehículo de microorganismos, aunque la mayoría de estos microorganismos son inofensivos, hay algunos que pueden causar problemas de salud en el ganado y que pueden ser transmitidos al humano (Carrasco-Letelier et al., 2016; Meehan et al., 2021). Dentro de estos microorganismos podemos encontrar bacterias (ej. *Salmonella* spp, *Vibrio cholera*, *Leptospira* spp, *Clostridium* y *Escherichia coli*), virus (rotavirus, algunos coronavirus, etc.) y parásitos protozoarios (*Cryptosporidium* spp y *Giardia* spp) (McAllister y Topp, 2012). Los microorganismos, a diferencia de los parámetros físico-químicos que solo muestran las situaciones puntuales del momento en que se tomó la muestra; reflejan los cambios que se han presentado en un recurso hídrico a través del tiempo, y constituyen un indicador de degradación de los cuerpos de agua (Pullés, 2014; Ríos-Tobón et al., 2017). Se ha reportado que la exposición de los animales de pastoreo a patógenos en sus fuentes de agua de bebida plantea un riesgo para la salud y pueden comprometer la productividad del ganado. Lewerin et al. (2019) reportaron mediante la utilización de modelos hidrológicos e hidrodinámicos que la exposición de bovinos en pastoreo a patógenos como *E. coli*, *Salmonella* y *Cryptosporidium* en su fuente de agua representa un riesgo tanto para la salud del ganado como la salud humana, ya que el ganado puede ser reservorio y diseminador de este tipo de patógenos entéricos. En cuanto a la presencia de bacterias entéricas en las fuentes de agua de bebida para el ganado, LeJeune et al. (2001) muestrearon 473 abrevaderos de ganado, de los cuales aislaron *Salmonella* spp en un 0.8% y *E. coli* O157 en el 1.3% de los bebederos, mencionan que el grado de contaminación por *E. coli* aumentó al disminuir la distancia entre los bebederos y los comederos, y al disminuir la exposición del agua de bebida a la luz solar. Así mismo, en otros estudios se ha reportado la detección de *E. coli* O157 en fuentes de agua para el ganado, incluyendo estanques, agua de flujo libre como arroyos,

así como tanques de agua (Van Donkersgoed et al., 2001; Shere et al., 2002; Renter et al., 2003). Sin embargo, en estos estudios no se evalúan los efectos que tiene la presencia y el consumo de estas bacterias en el agua de bebida sobre la salud y la productividad del ganado, por lo que es necesario que se intensifiquen los esfuerzos por evaluar el riesgo sanitario de exponer al ganado a microorganismos patógenos en sus fuentes de agua de bebida. En este sentido, Cervantes-Noriega et al. (2022), realizaron un estudio donde evaluaron los efectos en la salud y productividad de ovinos que bebieron agua sin presencia detectable de bacterias, y ovinos que bebieron agua con 93 NMP/ml de coliformes totales, 47 NMP/ml de coliformes fecales y 43 NMP/ml de *E. coli*. Estos autores reportan aumentos del 8% en la ganancia diaria de peso, mejoras del 3% en la utilización de la energía de la dieta y disminuciones del 33% en la presencia de diarrea en los ovinos que bebieron el agua sin presencia de bacterias.

CALCIO Y MAGNESIO (DUREZA)

La dureza es una medida de la concentración de cationes metálicos divalentes (con carga positiva) disueltos en el agua y se expresa generalmente como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresadas como equivalentes de carbonato de calcio; se considera un indicador global de mineralización (Higgins y Agouridis, 2008). Otros cationes como el zinc, estroncio, hierro, aluminio y manganeso también contribuyen a la dureza, pero generalmente están presentes en menores concentraciones (German et al., 2008). Algunos autores no recomiendan el consumo de aguas ‘duras’, dado que pueden incrementar el riesgo de padecer trastornos del tracto urinario, como es la urolitiasis. Mencionan que los animales no deben beber este tipo de aguas, ya que aumentan el contenido de sales minerales de la orina, provocando una saturación de las mismas, lo que ocasiona que se precipiten y den lugar a la formación de cristales que al no ser disueltos de adhieren entre sí, permitiendo el crecimiento de urolitos (Carrillo-Díaz et al., 2015; Matto et al., 2015; Ramírez et al., 2020).

REGULACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN GANADERA EN MÉXICO

Actualmente en México no existe normativa oficial que regule los límites permisibles de las variables que se evalúan dentro de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de bebida para el ganado, sin embargo, el Manual de Buenas Prácticas Pecuarias (BPP's) en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2014), en su sección VI; "El Agua", propone lineamientos generales sobre el manejo de las fuentes de agua, bebederos, cantidad y calidad a otorgar a los animales. Respecto a los límites para los parámetros referidos a la calidad del agua, los cuales están basados en lo estipulado en la NOM-127-SSA1-1994. En el cuadro 1, se muestra una comparativa de los valores entre los límites permisibles para los elementos enlistados en el Manual de BPP's de la SADER y los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994.

Cuadro 1. Comparativo entre los elementos y valores máximos permisibles de la NOM-127-SSA1-1994 y el Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino de la SADER.

Componente	Unidad	NOM-127-SSA1-1994	Manual SADER
Coliformes Totales	NMP o UFC/100 ml	Ausencia o No Detectables	
E. Coli / Coliformes Fecales	NMP o UFC/100 ml	Ausencia o No Detectables	
Color	Escala Platino - Cobalto	20 unidades de Color Verdadero	
Olor y Sabor	N/A	Agradable	
Turbidez	UTN	5	
Calcio	mg/L	-	< 1000
Cloro Residual libre	mg/L	0.2 - 1.50	-
Cloruros (Como Cl ⁻)	mg/L	250.00	< 1000
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/L	500.00	< 2000

Hierro	mg/L	0.30	< 0.4
Nitratos (como N)	mg/L	10.00	< 440
Nitritos (como N)	mg/L	1.00	< 33
pH	Unidades de pH	6.5 - 8.5	-
Sodio	mg/L	200.00	< 800
Sólidos Disueltos			
Totales (TDS)	mg/L	1000.00	< 3000
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	mg/L	400.00	< 300

NMP: Número Más Probable, UFC: Unidades Formadoras de Colonia, UTN: Unidades de Turbiedad Nefelométrica

CONCLUSIÓN

El agua es un nutriente muy importante, que a menudo es pasado por alto. Teniendo en cuenta que es consumida en grandes cantidades. Si el agua es de mala calidad, aumenta el riesgo de que los contaminantes contenidos en ella, alcancen un nivel que puede ser perjudicial para la salud. Por lo tanto, la calidad y disponibilidad del agua de bebida debe ser evaluada como una posible causa de rendimiento productivo ineficiente y/o de enfermedades no específicas en el ganado. Es importante que los esfuerzos por evaluar la calidad del agua incluyan la obtención de un historial completo, tomando en cuenta, en caso de que las haya, las normas existentes, o las recomendaciones de los límites permisibles para la calidad del agua de bebida del ganado. La recomendación general es que en cada explotación ganadera se realice una caracterización fisicoquímica y microbiológica de su agua de bebida, y de esta forma se tomen las acciones pertinentes para ofrecer un agua de bebida con las características de calidad que permita que los animales, de acuerdo a su finalidad zootécnica, puedan expresar todo su potencial.

REFERENCIAS

- AKINMOLADUN, O. F., Muchenje, V., Fon, F. N., y Mpendulo, C. T. (2019). Small Ruminants: Farmers' Hope in a World Threatened by Water Scarcity. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/ani9070456>
- APHIS and USDA. (2000). *Water Quality in U.S. Feedlots: Info sheet*. https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/feedlot/downloads/feedlot99/Feedlot99_is_WaterQuality.pdf
- ASSAD, F., and El-Sherif, M. M. A. (2002). Effect of drinking saline water and feed shortage on adaptive responses of sheep and camels. *Small Ruminant Research*, 45(3), 279-290. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00083-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00083-4)
- BAGLEY, C., Kotuby-Amacher, J., y Farrell-Poe, K. (1997). *Analysis of Water Quality for Livestock* (N.º 28; p. 7). Utah State University. <https://core.ac.uk/download/pdf/32544218.pdf>
- BEEDE, D. K. (2012). What will our ruminants drink? *Animal Frontiers*, 2(2), 36-43. <https://doi.org/10.2527/af.2012-0040>
- BOLAÑOS-ALFARO, J. D., Cordero-Castro, G., Segura-Araya, G., Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- CAJAPE, J. F. (2021). *Índice de calidad de agua de las fuentes hídrica que abastecen al ganado bovino, parroquia Quiroga* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1393>
- CARRASCO-LETELIER, L., Giannitti, F., y Caffarena, D. (2016). *Calidad del agua*

para la producción animal. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16348.39048/1>

CARRILLO-DÍAZ, F., Salgado-Moreno, S., Escalera-Valente, F., Carmona-Gasca, C., Peña-Parra, B., y Macías-Coronel, H. (2015). Urolitiasis en Ovinos. *Abanico Veterinario*, 5(3), Art. 3.

CARSON, T. L. (2000). Current Knowledge of Water Quality and Safety for Livestock. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 16(3), 455-464. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30080-3](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30080-3)

CASAMASSIMA, D., Pizzo, R., Palazzo, M., D'Alessandro, A. G., and Martemucci, G. (2008). Effect of water restriction on productive performance and blood parameters in comisana sheep reared under intensive condition. *Small Ruminant Research*, 78(1), 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.014>

CASTRO, D. P. V., Yamamoto, S. M., Araújo, G. G. L., Pinheiro, R. S. B., Queiroz, M. A. A., Albuquerque, Í. R. R., and Moura, J. H. A. (2017). Influence of drinking water salinity on carcass characteristics and meat quality of Santa Inês lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 49(6), 1095-1100. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1289-5>

CERVANTES-NORIEGA, A., López, N., Estrada, A., Castro-Pérez, B., Ponce-Barraza, E., Valencia, G., Barreras-Serrano, A., and Plascencia, A. (2022). The Reduction of Bacterial Load and Total Solid in Drinking Water Qualified as “Clean” for Livestock, Increases Growth Performance and Reduce Diarrhea Frequency in Finishing Lambs. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.5.980.984>

CUNNINGHAM, M. D., Martz, F. A., and Merilan, C. P. (1964). Effect of Drinking-Water Temperature upon Ruminant Digestion, Intraruminal Temperature, and Water Consumption of Nonlactating Dairy Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 47(4), 382-385. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(64\)88671-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(64)88671-9)

- CURRAN, G. (2014). Water for livestock: Interpreting water quality tests. *NSW Department of Primary Industries*, 14(2), 4.
- EHRLÉNBRUCH, R., Eknæs, M., Pollen, T., Andersen, I. L., and Bøe, K. E. (2010). Water intake in dairy goats—The effect of different types of roughages. *Italian Journal of Animal Science*, 9(4), e76. <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e76>
- ENSMINGER, M. E., Oldfield, J. E., and Heinemann, W. W. (1990). *Feeds and nutrition: Formerly Feeds and nutrition, complete* (2nd ed). Ensminger Pub. Co. <http://www.gbv.de/dms/bowker/toc/9780941228085.pdf>
- FERNÁNDEZ-CIRELLI, A., Schenone, N., Pérez-Carrera, A., y Volpedo, A. (2010). *Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina*. 1, 45-66.
- FORBES, J. M. (1968). The water intake of ewes. *British Journal of Nutrition*, 22(1), 33-43. <https://doi.org/10.1079/BJN19680006>
- GERMAN, D., Thiex, N., and Wright, C. (2008). Interpretation of Water Analysis for Livestock Suitability. *Agricultural Experiment Station Circulars*, 274, 12.
- HERRERA, C. D. (2012). *Comportamiento productivo y reproductivo de vacas holstein que consume agua de pozo profundo y de ósmosis inversa* [Universidad Autónoma de Chapingo]. <https://chapingo.orex.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=169808>
- HIGGINS, S. F., and Agouridis, C. T. (2008). *ID-170: Drinking Water Quality Guidelines for Cattle*. 4. <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id170/id170.pdf>
- HUSSEIN, A., El-Ati, M. A., y Abdelsattar, M. (2020). The influence of betaine supplementation on the deleterious effects of saline water consumption on carcass characteristics and meat quality of growing lambs. *Egyptian Journal of Animal Production*. <https://doi.org/10.21608/ejap.2020.92876>

- IRISK, M. (2012). *Water Quality for Livestock* (p. 3). University of Florida College of Veterinary Medicine. <https://vetmed-extension.sites.medinfo.ufl.edu/files/2012/02/Water-quality-for-Livestock-FCA-mag-article-2010-april210sent.pdf>
- LANDEFELD, M. (2003). *Water effects on livestock performance*. The Ohio State University. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/ANR-13>
- LARDY, G., Stoltenow, C., and Johnson, R. (2008). AS-954 Livestock and Water [2008]. AS-954 8. <https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/5359/as954.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- LEJEUNE, J. T., Besser, T. E., Merrill, N. L., Rice, D. H., and 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)
- LEWERIN, S. S., Sokolova, E., Wahlström, H., Lindström, G., Pers, C., Strömqvist, J., and Sören, K. (2019). Potential infection of grazing cattle via contaminated water: A theoretical modelling approach. *animal*. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003415>
- LONERAGAN, G. H., Wagner, J. J., Gould, D. H., Garry, F. B., and Thoren, M. A. (2001). Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 79(12), 2941-2948. <https://doi.org/10.2527/2001.79122941x>
- LÓPEZ, A., Arroquy, J. I., and Distel, R. A. (2016). Early exposure to and subsequent beef cattle performance with saline water. *Livestock Science*, 185, 68-73. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.01.013>
- MAHDY, C. I., Boaru, A., Popescu, S., and Borda, C. (2016). Water Quality, Essential Condition Sustaining the Health, Production, Reproduction in Cattle.

- A Review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 73(2), Art. 2. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:12156>
- MARÍN, U. (2022). *Evaluación de los recursos hídricos en explotaciones de ganadería extensiva del suroeste ibérico* [DoctoralThesis]. <https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/14262>
- MASTERS, D. G., Benes, S. E., y Norman, H. C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3), 234-248. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.08.003>
- MATTO, C., Artía, L., Belassi, S., y Rivero, R. (2015). Descripción de un foco de urolitiasis obstructiva obstructiva en un corral de engorde de bovinos. *Veterinaria (Montevideo)*, 51(199), 3-3.
- MCALLISTER, T. A., and Topp, E. (2012). Role of livestock in microbiological contamination of water: Commonly the blame, but not always the source. *Animal Frontiers*, 2(2), 17-27. <https://doi.org/10.2527/af.2012-0039>
- MCGREGOR, B. A. (2004). *Water Quality and Provision for Goats: A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation*. RIRDC. https://books.google.com.mx/books/about/Water_Quality_and_Provision_for_Goats.html?id=8CZuAAAACAAJ&redir_esc=y
- MDLETSHE, Z. M., Chimonyo, M., Marufu, M. C., and Nsahlai, I. V. (2017). Effects of saline water consumption on physiological responses in Nguni goats. *Small Ruminant Research*, 153, 209-211. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.06.019>
- MEEHAN, M., Stokka, G., and Mostrom, M. (2021). *Livestock Water Quality* [Infosheet]. <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-08/as1764.pdf>
- MENGISTU, U. L., Puchala, R., Sahlu, T., Gipson, T. A., Dawson, L. J., and Goetsch,

- A. L. (2016). Comparison of different levels and lengths of restricted drinking water availability and measurement times with Katahdin sheep and Boer and Spanish goat wethers. *Small Ruminant Research*, 144, 320-333. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.10.007>
- MORGAN, S. E. (2011). Water quality for cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 27(2), 285-295, vii-iii. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.02.006>
- NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. National Academies Press.
- NILES, G. A. (2017). Toxicoses of the Ruminant Nervous System. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 33(1), 111-138. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.09.009>
- NOM-127-SSA1-1994. (1994). *Salud ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
- OLKOWSKI, A. A. (2009). *Livestock Water Quality: A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry and Swine*. University of Saskatchewan. ISBN 978-1-896997-34-6.
- PATTERSON, T., y Johnson, P. (2003). *Effects of Water Quality on Beef Cattle*. <http://digitalcommons.unl.edu/rangebeefcowsymp/63>
- PEREIRA, M. L., y Ramírez, B. D. G. (2021). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(1), Art. 1. <https://doi.org/10.35454/rncm.v4n1.202>
- PULLÉS, M. R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 45(1).
- QUINTUÑA, A. B. C., y Faicán, R. P. F. (2019). Efecto de la calidad y cantidad de

agua administrada a los bovinos de leche y su relación con el Bienestar Animal. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 3(2).

RAISBECK, M., BS, S., Jackson, R., Smith, M., Reddy, K. J., and BS, J. (2008). Water Quality for Wyoming Livestock & Wildlife A Review of the Literature Pertaining to Health Effects of Inorganic Contaminants. *University of Wyoming Agricultural Station Bulletin*, 1183.

RAMÍREZ, M. A., Martínez, A. y Robles C. A. (2020). Urolitiasis en pequeños rumiantes (review). *Revista Científica FAV-UNRC AbIntus* 5(3) 112-122

RENTER, D. G., Sargeant, J. M., Oberst, R. D., and Samadpour, M. (2003). Diversity, Frequency, and Persistence of *Escherichia coli* O157 Strains from Range Cattle Environments. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 542-547. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.1.542-547.2003>

RÍOS-TOBÓN, S., Agudelo-Cadavid, R. M., y Gutiérrez-Builes, 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>

SADER. (2014). *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

SCHOEMAN, S. J., and Visser, J. A. (1995). Water intake and consumption in sheep differing in growth potential and adaptability. *South African Journal of Animal Science*, 25(3), Art. 3. <https://doi.org/10.4314/sajas.v25i3>

SEERLEY, R. W., Emerick, R. J., Embry, L. B., y Olson, O. E. (1965). Effect of Nitrate or Nitrite Administered Continuously in Drinking Water for Swine and Sheep. *Journal of Animal Science*, 24(4), 1014-1019. <https://doi.org/10.2527/jas1965.2441014x>

SHARMA, A., Kundu, S. S., Tariq, H., Kewalramani, N., y Yadav, R. K. (2017).

Impact of total dissolved solids in drinking water on nutrient utilization and growth performance of Murrah buffalo calves. *Livestock Science*, 198, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.002>

SHERE, J. A., Kaspar, C. W., Bartlett, K. J., Linden, S. E., Norell, B., Francey, S., y Schaefer, D. M. (2002). Shedding of *Escherichia coli* O157:H7 in dairy cattle housed in a confined environment following waterborne inoculation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1947-1954. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.4.1947-1954.2002>

TRHEEBILCOCK PERNA, E., y Montoya Hoyos, J. A. (2018). *Concentraciones de nitratos en Brachiaria sp y su relación con la metahemoglobinemia bovina en fincas ganaderas de Córdoba*. Agrosavia Corporación colombiana de investigación agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22769>

TSUKAHARA, Y., Puchala, R., Sahlu, T., and Goetsch, A. L. (2016). Effects of level of brackish water on feed intake, digestion, heat energy, and blood constituents of growing Boer and Spanish goat wethers¹. *Journal of Animal Science*, 94(9), 3864-3874. <https://doi.org/gha>

TUELLS, I. G., y Erviti, N. E. (2016). *Determinación e interpretación de calidad de agua destinadas a uso ganadero*. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/1642>

UMAR, S., Munir, M. T., Azeem, T., Ali, S., Umar, W., Rehman, A., y Shah, M. (2014). Effects of Water Quality on Productivity and Performance of Livestock: A Mini Review. *Veterinaria*, 2, 11-15.

VAN DONKERSGOED, J., Berg, J., Potter, A., Hancock, D., Besser, T., Rice, D., LeJeune, J., y Klashinsky, S. (2001). Environmental sources and transmission of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. *The Canadian Veterinary Journal*, 42(9), 714-720.

WALKER, F. (2021). Evaluación de la aptitud del agua para consumo animal. En

Manual de Buenas prácticas para el Uso del Agua para Ganadería (Dora Cecilia Sosa y Eduardo Luis Díaz, Vol. 7, pp. 147-176). Instituto Nacional del Agua y Universidad Nacional de Entre Ríos.

WANG, H.-B., Wu, Y.-H., Luo, L.-W., Yu, T., Xu, A., Xue, S., Chen, G.-Q., Ni, X.-Y., Peng, L., Chen, Z., Wang, Y.-H., Tong, X., Bai, Y., Xu, Y.-Q., y Hu, H.-Y. (2021). Risks, characteristics, and control strategies of disinfection-residual-bacteria (DRB) from the perspective of microbial community structure. *Water Research*, 117606. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117606>

WHALEY, J., Froehlich, K., and Carroll, H. (2022). *Sheep Water Requirements and Quality Testing* (H-4). South Dakota State University Extension. <https://extension.sdstate.edu/sheep-water-requirements-and-quality-testing>

WHITEHEAD, E., and Moxon, A. (1952). Nitrate Poisoning. *Research Bulletins of the South Dakota Agricultural Experiment Station (1887-2011)*. https://openprairie.sdstate.edu/agexperimentsta_bulletins/424

CAPÍTULO III

III CONCLUSIÓN GENERAL

Se concluye que la calidad del agua de bebida impacta negativamente en los indicadores de la salud, el comportamiento productivo y las características de la canal de ovinos en finalización.

Se han demostrado los beneficios de ofrecer agua de calidad (“limpia y segura”) en las explotaciones ganaderas. Sin embargo, es necesario que se continúen los esfuerzos por la realización de estudios de este tipo, ya que se pronostica que en los próximos años, debido al crecimiento acelerado de la población y la consecuente actividad antropogénica, la calidad del agua disponible para consumo, se vea severamente afectada, y al ser el agua un elemento vital para el metabolismo y el funcionamiento de los organismos, la viabilidad de las explotaciones ganaderas dependerá en mayor medida del uso eficiente que se le dé a este recurso en función de maximizar el rendimiento y la salud de los animales.