

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



TESIS

*“EFECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA EN LA
RESPUESTA PRODUCTIVA DE OVINOS DE PELO EN
FINALIZACIÓN Y EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA
DIETA”*

**Que para obtener el grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias**

PRESENTA:

M.V.Z. Norma Alicia López Uriarte

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Alfredo Estrada Angulo

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

ASESORES:

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera


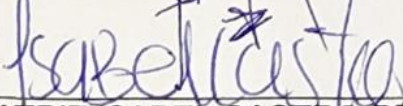

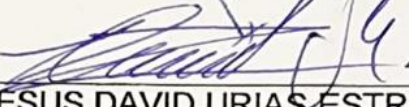
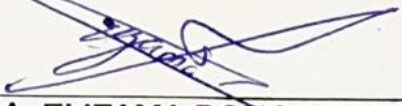
Dr. Jesus David Urias Estrada

Dra Elizama Ponce Barraza

Culiacán, Sinaloa, México, a 05 de febrero de 2023

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **NORMA ALICIA LÓPEZ URIARTE**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR	
DIRECTOR	 DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO
CO-DIRECTOR	 DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ
ASESOR	 DR. ALEJANDRO PLASCENCIA JORQUERA
ASESOR	 DR. JESUS DAVID URIAS ESTRADA
ASESOR	 DRA. ELIZAMA PONCE BARRAZA

Culiacán, Sinaloa, México, a 05 de febrero de 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN

FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 05 de febrero de 2023, la que suscribe Norma Alicia López Uriarte, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 5314412-0, de la Unidad Académica: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Alfredo Estrada Angulo y de la Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez y que cede los derechos del trabajo titulado **“Efecto de la calidad del agua de bebida en la respuesta productiva de ovinos de pelo en finalización y en la eficiencia energética de la dieta”** a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

M.V.Z Norma Alicia López Uriarte

DOMICILIO: Calle Luis Pérez Inda, #2731. Fraccionamiento Villas del Río; Culiacán, Sinaloa.
TELÉFONO: 6672361669
CORREO ELECTRÓNICO: normalicia790@gmail.com
CURP: LOUN901107MSLPRR03



Dirección General de Bibliotecas



U n i v e r s i d a d A u t ó n o m a d e S i n a l o a

REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.



INFORME DE PLAGIO

Informe del Detector de Plagio Viper



TESIS MCA NORMA LÓPEZ
escaneado Feb 10, 2023

Porcentaje Total

5%

1.5%

DOF - Diario Oficial de la Federación

https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=

1.3%

Las propiedades del agua | iAgua

<https://www.iagua.es/noticias/mexico/conagua/17/05>

0.7%

134.#Tetraclorofenol TECP...puntadas conta...

<https://es.linkedin.com/pulse/13tretraclorofenol-tecp>

0.5%

Coccidiosis en rumiantes: prevalencia, impact...

<https://rumiantes.com/coccidiosis-rumiantes-domest>

0.4%

Calidad del agua de consumo animal en el sis...

<https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90>

AGRADECIMIENTOS

Al Dios Verdadero: *“Porque el Señor da la sabiduría; conocimiento y ciencia brotan de sus labios. (Proverbios 2:6)”*

A mi madre: Norma Alicia Uriarte Pacheco. A ella le dedico particularmente este logro, por seguir siendo mi apoyo fuerte, por ser exigente, por orar por mí, por su crianza y por que ahora más que nunca entiendo el amor y el esfuerzo que se hace por un hijo. La amo mucho.

A mi hijo: José Gadiel Sánchez López; por dar tanto amor y alegría a mi vida.

A mi esposo: Jose Luis Aramís Sánchez Montoya; por ser mi mejor amigo y consejero; por que cuando he estado confundida y cansada, siempre he encontrado en ti esa palabra tan honesta, sencilla y directa que necesito. Te amo.

A toda mi familia: son mi red de apoyo en todo momento. Les amo infinitamente.

A mi tutor de tesis: Dr. Alfredo Estrada Angulo, al cual le estoy muy agradecida por la oportunidad de estar bajo su tutela, su guía y apoyo mostrado, desde licenciatura hasta hoy día. Lo admiro, respeto y aprecio mucho.

A mi asesora: Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez. Gracias por todo el apoyo brindado, por sus consejos, asesorías y guía. Una gran mujer y profesionalista, mis respetos y aprecio siempre.

A todo el equipo de la UEEPR: Gracias por el apoyo y colaboración mostrada en todo momento.

A Conacty, por la beca otorgada para poder llevar a cabo la realización de mi Maestría en Ciencias Agropecuarias.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.2.1 Características y Propiedades del Agua.....	3
1.2.2 Distribución del Agua en el Planeta.....	4
1.2.3 El agua como nutriente.....	4
1.2.3.1 Función Metabólica del Agua.....	4
1.2.3.2 Función Termorreguladora del Agua.....	6
1.2.4 Factores que influyen en el consumo de agua en el ganado.....	7
1.2.5 Efecto de la Alimentación en la Ingesta de Agua.....	9
1.2.6 Estimación del Consumo de Agua.....	12
1.2.7 Calidad del agua de bebida para el ganado.....	13
1.2.7.1 Parámetros y análisis para la determinación de la calidad del agua.....	14
1.2.7.2 Sales Totales.....	14
1.2.7.3 Cloruros.....	15
1.2.7.4 Ph (Acidez-Alcalinidad)	17
1.2.7.5 Nitratos y Nitritos.....	18
1.2.7.6 Sulfatos.....	18
1.2.7.7 Otros minerales	20
1.2.7.8 Bacterias.....	25
1.2.7.9 Virus.....	26
1.2.7.10 Parásitos.....	27

	Página
1.2.8 Normatividad vigente para el agua destinada a producción animal en México.....	29
1.2.9 Antecedentes de otras investigaciones.....	32
1.3 Conclusión.....	34
CAPÍTULO 2. ARTICULO 1. Short Communication “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”.....	35
2.1 Abstract.....	36
2.2 Short Comunicación.....	36
2.3 Conclusions.....	41
2.4 Author’s Contribution	41
2.5 References	41
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES GENERALES.....	47
CAPÍTULO 4. LITERATURA CITADA.....	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Consumo de agua esperado para varias especies de ganado adulto, en un clima templado.....	8
2	Requerimientos de agua en ovinos (kg/kg de consumo de MS)....	9
3	Cambio en el consumo de agua en relación al aumento de temperatura ambiente.....	11
4	Consumo de Agua en varias especies de ganado.....	12
5	Concentrado de Información relevante sobre otros minerales contaminantes en agua de bebida para el ganado	21
6	Principales normativas en México relacionadas a los límites fisicoquímicos, metodología de muestreo y análisis para determinación de la calidad del agua.....	29
7	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.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Correlación entre el nivel de humedad en el alimento y el consumo de agua	10
2	Ejemplo del cambio en la ingesta de agua en relación a la temperatura ambiente.....	11
3	Fórmula para estimar el consumo de agua en el ganado.....	13

RESUMEN

“Efecto de la calidad del agua de bebida en la respuesta productiva de ovinos de pelo en finalización y en la eficiencia energética de la dieta”

M.V.Z. NORMA ALICIA LÓPEZ URIARTE

Se han realizado varias investigaciones sobre los efectos de la calidad del agua en el rendimiento del crecimiento y la eficiencia energética de la dieta en corderos de engorde. La gran cantidad de información indica que la concentración de sólidos totales y carga bacteriana que no afecta el rendimiento en corderos en crecimiento y finalización es inferior a 1 g y 100 UFC/L, respectivamente, lo que se considera como “agua segura”. Sin embargo, no hay información disponible con respecto al potencial beneficio con agua de mejor calidad sobre el rendimiento de los corderos en finalización. Por esta razón, se llevó a cabo un experimento para evaluar el efecto de la calidad del agua de bebida sobre el rendimiento del crecimiento y la eficiencia energética de la dieta de corderos de corral de engorde en finalización en condiciones climáticas subtropicales. De tal manera que se probaron dos calidades de agua potable, ambas dentro del rango de “agua segura”, utilizando 48 corderos machos intactos Pelibuey × Katahdin ($33,22 \pm 4,02$ kg). Los corderos fueron alimentados con una dieta alta en energía a base de maíz partido durante 89 días y el tratamiento consistió en la filtración y sanitización del agua cruda de represa calificada como “limpia y segura” comparándola de la siguiente manera: 1) agua de represa (RAW), y 2) embalse de agua filtrada-saneada (FILT). El agua filtrada y desinfectada redujo tres veces los sólidos totales y eliminó coliformes, E. coli y salmonella, lo que aumentó un 10 % el consumo de agua. Incluso cuando no hubo evidencia de diarrea infecciosa durante el experimento, la frecuencia de diarrea no infecciosa y los días con diarrea se redujeron en un 33 % mediante FILT, lo que resultó en aumentos en el aumento de peso diario y en la utilización de energía neta de la dieta en un 8 y un 3 %, respectivamente. Se concluye que la reducción de TDS y la carga bacteriana en el agua calificada como “limpia y segura” disminuye la frecuencia y los días de diarrea durante el período de adaptación de la dieta, promoviendo una mejor utilización de la energía de la dieta, mejorando la ganancia de peso.

Palabras clave: Calidad del agua, comportamiento productivo, eficiencia energética, ovino.

ABSTRACT

"Effect of drinking water quality on productive response of finishing lambs and dietary energy efficiency."

M.V.Z. NORMA ALICIA LÓPEZ URIARTE

Several research had been made about of the effects of the water quality on growth performance and dietary energy efficiency in fattening lambs. The vast of information indicate that concentration of total solids and bacterial load that not affect performance in growing-finishing lambs is lower than 1 g and 100 CFU/L, respectively which is considered as "safe water". However, no information is available regard to the potentiate benefit with better quality water on performance of finishing lambs. For this reason, an experiment was conducted to evaluate the effect of drinking water quality on growth performance and dietary energy efficiency of feedlot lambs finishing under sub-tropical climatic conditions. In such a way that two quality of drinking water both within range of "safe water" were tested used using 48 Pelibuey × Katahdin male intact lambs (33.22±4.02 kg). Lambs were fed with a cracked corn-based high-energy diet during 89-d and 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 increasing 10% water consumption. Even when there was no evidence of infectious diarrhea during the experiment, non-infectious diarrhea frequency and days on diarrhea were decreased 33% by FILT resulting on increases on daily weight gain and on dietary net energy utilization by 8 and 3%, respectively. 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.

Keywords: Water quality, growth performance, dietary energy efficiency, lambs.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un nutriente esencial para humanos y animales (Cheeke y Dierenfeld, 2010) ya que es la sustancia más abundante en los seres vivos, constituyendo el 70% o más del peso de la mayoría de los organismos vivos. (Lehninger, 2009)

En el mundo hay alrededor de 1,386 billones hm^3 (hectómetros cúbicos) de agua, de los cuales sólo un 0.77%, corresponde al agua en ríos, lagos, humedales y acuíferos que está disponible para consumo humano y animal. La calidad de un cuerpo de agua está determinada por el lecho rocoso de la cuenca, clima, tipo de suelo y uso de la tierra (McDowell y Wilcock, 2008),

La renovación de ésta se da por escorrentía e infiltración del agua de lluvia por el ciclo hidrológico natural del planeta, lo que podría acarrear contaminación desde la superficie terrestre hacia los cuerpos de agua en el subsuelo, alterando la calidad de la misma (CONAGUA, 2018), ya que, por ser un excelente solvente, el agua frecuentemente contiene varios solutos y partículas suspendidas de materia, que pueden influir en sus propiedades físicas y químicas; así como en su olor, sabor y apariencia; por lo que el agua podría ser el conducto de elementos indeseables hacia los animales.

Mismo que podría estar disponible para consumo humano y animal puede verse comprometida, esto pudiera tener un impacto negativo en la salud y la productividad del ganado: Los animales suelen reaccionar a estas impurezas disminuyendo el consumo de agua, lo cual en un principio no representa un problema; sin embargo, el consumo de alimento está relacionado con el consumo del agua: a medida que disminuya el consumo del agua, disminuirá el consumo de alimento y el desempeño productivo de los animales (Wright, 2007); esto toma importancia ya que los sistemas de producción de carne requieren una cantidad considerable de agua; según Beckett y Oltjen (1993) se necesita un estimado de 3,682 litros para la producción de 1 kilogramo de carne sin hueso en los Estados Unidos.

En los últimos años, el incremento en la demanda, la escasez y deterioro de la calidad del agua, han puesto de manifiesto la necesidad de evaluar la calidad y disponibilidad del recurso a fin de garantizar el desarrollo productivo. (Fernández Cirelli, *etal.*, 2009).

Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la calidad del agua de bebida en la respuesta productiva de ovinos de pelo en finalización y en la eficiencia energética de la dieta.

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA

1.2.1 Características y Propiedades del Agua

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 H₂O. (Lehninger, 2009)

1) Propiedades Físicas del agua:

- Es la única sustancia que se puede encontrar en los tres estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso) de forma natural en la tierra.
- Químicamente pura: No tiene color, sabor ni olor.
- Su punto de congelación es a cero grados Celsius (°C), mientras que el de ebullición es a 100 °C (a nivel del mar).
- Tiene un alto índice específico de calor, por lo que puede absorber mucho calor antes de que suba su temperatura.
- El agua posee una tensión superficial muy alta, lo que le proporciona al agua la acción capilar.

(CONAGUA, 2017)

2) Propiedades Químicas del agua:

- La molécula del agua tiene carga eléctrica positiva en un lado y negativa del otro. Debido a que las cargas eléctricas opuestas se atraen, las moléculas del agua tienden a unirse unas con otras.
- El agua es conocida como el “solvente universal”, ya que disuelve más sustancias que cualquier otro líquido.
- pH neutro de 7 (agua pura).
- Reacciona con los óxidos ácidos, óxidos básicos, metales y no metales.
- Se une en las sales formando hidratos.

(CONAGUA, 2017)

El agua es una molécula polar, por lo tanto, forma enlaces por puentes de hidrógeno hasta con 4 moléculas de agua vecinas. (Lehninger, 2009)

1.2.2 Distribución del Agua en el Planeta

El agua se encuentra en el planeta en forma líquida, sólida y gaseosa. En el mundo hay alrededor de 1,386 billones hm^3 (hectómetros cúbicos) de agua total, de los cuales sólo el 2.5% corresponde a agua dulce (34.65 billones hm^3). De este total de agua dulce a nivel mundial, un 70.40% está en los glaciares, nieve, hielo y permafrost; 30% en agua subterránea y un 0.40% en lagos, ríos y humedales; por lo que sólo está disponible para consumo humano y animal estos dos últimos depósitos de agua dulce. La renovación de este 0.77% de agua dulce disponible, se renueva por el ciclo hidrológico natural y la infiltración y escorrentía de agua hacia cuencas, ríos, lagos, humedales o acuíferos. El uso del agua en el mundo de manera general está destinado en un 70% a uso agrícola, 19% para uso industrial y un 11% abastecimiento público (CONAGUA, 2018).

1.2.3 El agua como nutriente

El agua tiene dos funciones básicas en todos los animales: Es un factor importante del metabolismo corporal y en la regulación de la temperatura corporal. Todas las funciones bioquímicas que se realizan en un animal requieren agua, ya que se encarga de la dilución del contenido celular y los líquidos corporales de manera que los compuestos químicos se muevan en relativa libertad dentro de las células y en los líquidos y el conducto gastrointestinal. Así, el agua transporta sustancias absorbidas hacia y desde los sitios donde se efectúa el metabolismo de éstas; (Church y Pond, 2015) también absorbe una gran cantidad de calor, lo que permite al animal utilizarla para enfriar el cuerpo; por otra parte, contribuye con el mantenimiento apropiado del balance de iones y fluidos en el organismo y provee de un ambiente líquido para el feto en desarrollo durante la etapa de gestación (Elizondo, 2007).

1.2.3.1 Función Metabólica del Agua

El agua disponible para un animal se deriva de: el agua de bebida, el agua contenida dentro y/o sobre los alimentos, el agua metabólica, se libera de las reacciones

metabólicas (ej.: condensación de aminoácidos para formar péptidos) y el agua preformada asociada con los tejidos catalizados durante un periodo de equilibrio energético negativo. (Church y Pond, 2015) El agua metabólica resultante del metabolismo de las grasas es alta, mientras que para los carbohidratos y proteínas sería promedio y baja respectivamente; esto significa que una dieta alta en proteínas y en condiciones de baja disponibilidad de agua bebible, el organismo del animal recurrirá primeramente al catabolismo de las reservas corporales de grasa (Infascelli, *et al.*, 2005).

La ingestión y metabolismo de las grasas, carbohidratos y proteínas, resulta en una mayor respiración y disipación de calor y en el caso de las proteínas, una mayor excreción de urea; para diluir y excretar la urea a través del riñón se necesitan grandes cantidades de agua, por lo que el agua derivada de la oxidación no es suficiente para satisfacer las demandas incrementadas de la respiración y la excreción (Church y Pond, 2015) de ahí la importancia del agua de bebida, siendo ésta la que más aporta sobre el total consumido. Existen diferentes factores que modifican este consumo: la raza, el estado fisiológico, el nivel de producción de leche, la temperatura y humedad ambiental, la cantidad de materia seca ingerida, el tipo de alimento y la temperatura, disponibilidad y concentración de sales del agua (Chalón *et al.*, 2000).

En los rumiantes hay una absorción neta de agua a nivel de rumen y omaso, mientras que en el abomaso hay una salida de líquidos a causa de las secreciones gástricas; de igual forma en el duodeno los líquidos provenientes del páncreas, bilis y glándulas intestinales provocan una entrada neta de agua. Las teorías de la regurgitación por aspiración de Chauveau y Toussaint (Toussaint, 1875) y de Wester (1926) difieren, pero ambas implican que antes de que la rumia pueda proceder normalmente, debe haber una cantidad suficiente de líquido en el retículo-rumen. También se produce una absorción neta en íleon, yeyuno, ciego e intestino grueso, sin embargo, la cantidad absorbida (y la humedad del excremento) varía entre cada especie de animal y por el tipo de dieta dentro de la misma especie. (Church y Pond, 2015).

El flujo de agua a través de la pared ruminal se realiza en pequeñas cantidades con una osmolaridad normal, mientras que con incrementos de esta presión osmótica se espera que entre agua al rumen (Warner y Stacy, 1972). El incremento en la concentración de ácidos orgánicos en el rumen quizá sea la razón del incremento de la presión osmótica. Esta situación corrobora la afirmación de Owens y Goetsch (1988), quienes afirman que por encima de 350 mOsM la digestión de la fibra y los almidones se ve inhibida a través de un efecto directo sobre el metabolismo microbiano, del mismo modo que se altera la rumia, ya que al incrementarse la presión osmótica comienza a entrar agua desde la sangre al rumen.

Del mismo modo, en el trabajo de López *et al.*, (1994) evaluaron la cinética del agua, presión osmótica y absorción de ácidos grasos volátiles en ovejas a las cuales se les ajustó la presión osmótica mediante infusiones ruminales de soluciones salinas (NaCl), se observó que para una osmolaridad de 341 mOsM/kg, el movimiento neto de agua a través de la pared ruminal tendía a ser cero, mientras para disminuciones o incrementos en dicha osmolaridad, un flujo neto de agua hacia afuera o hacia adentro del rumen se producía respectivamente. La tasa de absorción de agua (mL/h) fue significativamente afectada por la presión osmótica ruminal para la primera parte de dicho experimento. En el segundo experimento, la presión osmótica tuvo un efecto lineal sobre el volumen ruminal, observándose incrementos en éste último de 10 a 20% con los incrementos en la osmolaridad, debido al incremento en la tasa de influjo de agua hacia el interior del rumen a partir del torrente sanguíneo. También se observó una disminución en la tasa de absorción de ácidos grasos volátiles desde 232 mmol/h para 350 mOsM/kg, hasta 191 mmol/h para 490 mOsM/kg, resultando una acumulación de AGCC (especialmente acetato) en el rumen con una consecuente disminución en el pH ruminal. (López *et al.*, 1994).

1.2.3.2 Función Termorreguladora del Agua

El agua tiene un marcado efecto sobre la regulación de la temperatura. Su alto calor específico, alta conductividad térmica y alto calor latente de vaporización permiten la acumulación de calor, la rápida transferencia de calor y la pérdida de grandes

cantidades de calor por vaporización; lo anterior es mejorado por las características fisiológicas de los animales: La fluidez de la sangre, la rapidez con la que circula por el cuerpo, las grandes superficies de los pulmones para la evaporación y la superficie corporal para la transpiración; la vasoconstricción causado por el frío, entre otros factores, permiten a los animales controlar la temperatura corporal. (Church and Pond, 2015)

1.2.4. Factores que Influyen en el Consumo de Agua en el Ganado

El consumo de forraje y el consumo de agua están estrechamente relacionados. Se ha estimado que el ganado requiere aprox. 2-4 kg de agua por cada kilo de alimento consumido (Utlely, 1970). De igual manera los factores medioambientales (temperatura, humedad y velocidad del viento), factores zootécnicos (CMS, tipo de dieta, consumo de sal y producción láctea), factores relacionados con el animal (estado fisiológico, peso corporal y raza) y las propiedades del agua (químicas, físicas y microbiológicas) influyen en el consumo del agua (Martins, *et al.*, 2019).

El requerimiento de agua bebible depende principalmente de: la cantidad de agua eliminada diariamente por el animal, el agua contenida en el alimento y de la cantidad de agua producida durante el metabolismo (agua metabólica) de las sustancias nutritivas (Infascelli, *et al.*, 2005). El agua metabólica resultante del metabolismo de las grasas es alta, mientras que para los carbohidratos y proteínas sería promedio y baja respectivamente; esto significa que una dieta alta en proteínas y en condiciones de baja disponibilidad de agua bebible, el organismo del animal recurrirá primeramente al catabolismo de las reservas corporales de grasa (Infascelli, *et al.*, 2005).

Otro de los factores que influye en los requerimientos de agua en las diferentes especies, es la naturaleza de los productos nitrogenados resultantes del metabolismo de las proteínas, excretados en la orina. La mayoría de los mamíferos excretan urea, la cual es tóxica en los tejidos a menos que se encuentre diluida en una solución, por tanto; grandes cantidades de agua se requieren para diluirla (Cheeke y Dierenfeld, 2010).

La naturaleza del tracto digestivo también influye sobre el requerimiento del agua. Los rumiantes requieren grandes cantidades de agua para formar una suspensión de ingesta en el rumen, a diferencia de las especies no rumiantes.

Cuadro 1. Consumo de agua esperado para varias especies de ganado adulto, en un clima templado.

Especies	Consumo de Agua (l/día)
Ganado de Carne	26-66
Ganado de Leche	38-110
Equinos	30-45
Cerdos	11-19
Ovicaprinos	4-15
Gallinas	0.2-0.4
Pavos	0.4-0.6

(NRC, 1974)

Otro factor importante es el tipo de alimentos: ciertos tipos de alimentos tienen características agua-absorbentes, (como el salvado de trigo y los forrajes secos) éstos también incrementarán el requerimiento de agua por parte del animal (Cheeke y Dierenfeld, 2010). Por el contrario, el consumo de forrajes frescos (80-85 % de agua) podría reducir el consumo de agua (Infascelli, *et al.*, 2005).

Cuadro 2. Requerimientos de agua en ovinos (kg/kg de consumo de MS)

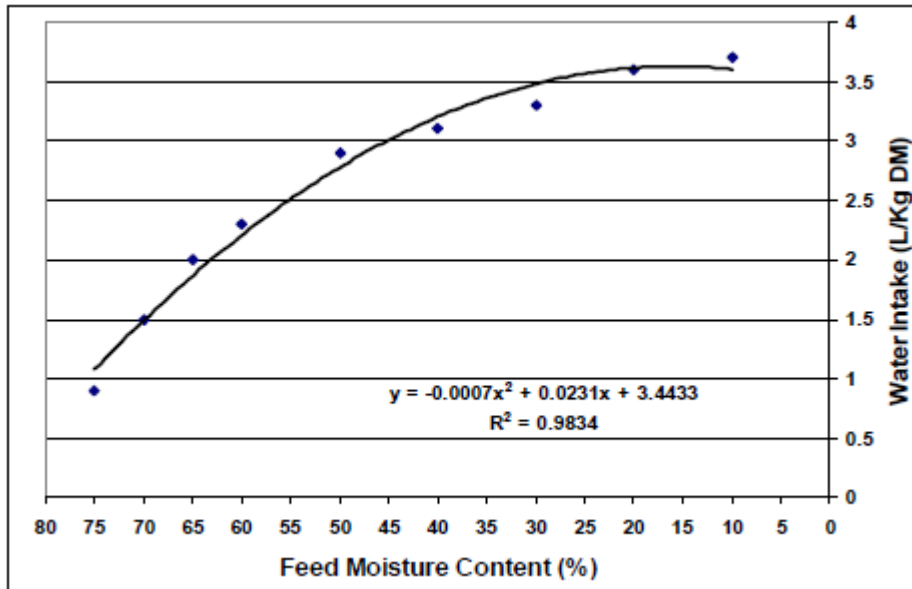
	Temperatura ambiental (c°)		
	<16 c°	16 – 20 c°	>20c°
-Corderos arriba de 4 semanas	4.0	5.0	6.0
-Animales en crecimiento o adultos no gestantes	2.0	2.5	3.0
-Etapa central de la gestación:			
* 1 Cordero			
* 2 - 3 corderos	3.0	3.8	4.6
	3.3	4.1	4.9
-Etapa final de la gestación:			
* 1 cordero			
* 2 – 3 corderos	4.1	5.2	6.3
	4.4	5.5	6.6
-Lactación:			
* Primer mes	4.0	5.0	6.0
* 2° y siguientes meses	3.0	3.7	4.5

(Infascelli *et al.*, 2005)

1.2.5 Efecto de la Alimentación en la Ingesta del Agua

Se ha estimado que los rumiantes requieren aproximadamente 2-4 kg de agua por cada kilo de alimento consumido (Utlely, 1970). La materia seca contenida en la dieta es uno de los principales factores que afecta el consumo de agua, por lo que dietas altas en forraje pueden incrementar los requerimientos de agua (Figura 1). Holter y Urban en 1992, reportaron que el consumo de agua disminuyó a 33kg/día cuando la Materia Seca en la dieta bajó de un 50 a uno 30%. De igual manera las dietas altas en sal, bicarbonato de sodio o proteína parecen estimular la ingesta hídrica (Holter y Urban, 1992; Murphy, 1992).

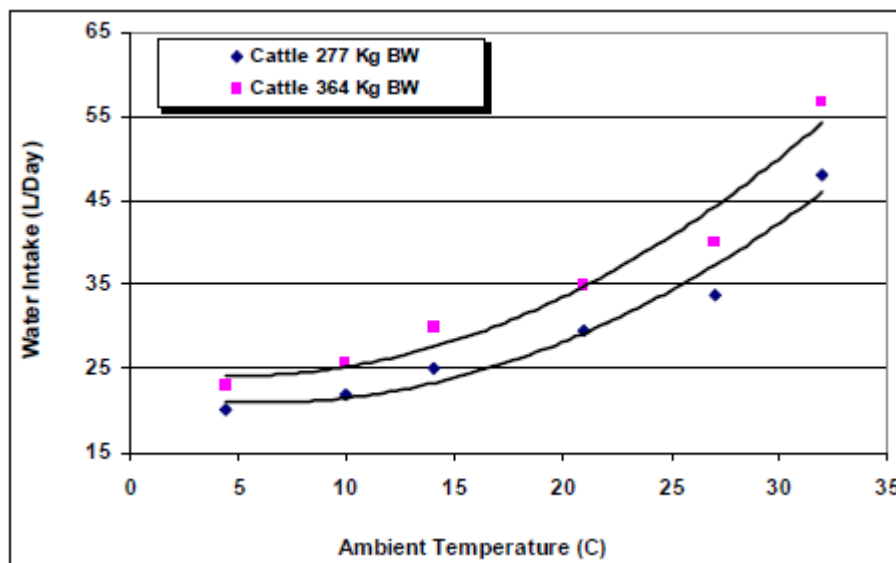
Figura 1. Correlación entre el nivel de humedad en el alimento y el consumo de agua.



(Olkowski, 2009)

Los factores medioambientales (temperatura, humedad y velocidad del viento) tienen un alto impacto en el consumo de agua; los rumiantes como bovinos, ovejas y cabras disipan el calor interno y el absorbido, a través de la evaporación del agua corporal. Animales expuestos al calor requerirán mayor cantidad de agua debido a la alta proporción de agua de reserva corporal perdida a través del sudor y por la respiración a través de pulmones (Figura 2) [Cuadro 3].

Figura 2. Ejemplo del cambio en la ingesta de agua en relación a la temperatura ambiente.



Generado con información del NRC, 1994. (Olkowski, 2009)

Cuadro 3. Cambio en el consumo de agua en relación al aumento de la temperatura ambiente.

Peso	Consumo de Agua (Litros por día en diferentes temperaturas)					
	4.4 C°	10 C°	14.4 C°	21.1 C°	26.6 C°	32.2 C°
Ganado en Crecimiento						
182	15.1	16.3	18.9	22.0	25.4	36.0
277	20.1	22.0	25.0	29.5	33.7	48.1
364	23.0	25.7	29.9	34.8	40.1	56.8
Ganado en Finalización						
273	22.7	24.6	28.0	32.9	37.9	54.1
364	27.6	29.9	34.4	40.5	46.6	65.9
454	32.9	35.6	40.9	47.7	54.9	78.0

(NRC, 1994)

Entre otros factores que modifican la ingesta hídrica están factores zootécnicos (consumo de Materia Seca (CMS), tipo de dieta, consumo de sal y producción láctea), factores relacionados con el animal (estado fisiológico, peso corporal y raza) (Cuadro 4) y las propiedades del agua (químicas, físicas y microbiológicas) influyen en el consumo del agua (Martins *et al.*, 2019).

El ganado ovino es capaz de adaptarse al consumo de diferentes tipos de agua, sin embargo, las alteraciones en la calidad producidas por una excesiva concentración de sales o elementos químicos producen disminución en la producción e impacto en la salud del ganado, con las consecuentes pérdidas económicas para el productor (Grant, 1996).

Cuadro 4. Consumo de Agua en varias clases de Ganado. Niveles de consumo de agua aproximados.

	(Litros por día)
Ganado de carne (Promedio)	26-66
Becerras de Engorde	18-27
Novillos	36-45
Ganado Lechero (Promedio)	28-110
Ganado Lechero (Mantenimiento)	55-68
Ganado Lechero (Lactando)	68-114
Becerras (4-8 semanas)	4.5-6.8
Becerras (12-20 semanas)	9.1-20
Becerras (26 semanas)	17-27
Vaquillas (gestantes)	32-45
Corderos (destetados)	3.5-4
Borregas (secas)	4-5
Borregas (lactando)	4-12
Cabras	3 - 15

(Olkowski, 2009)

1.2.6 Estimación de Consumo de Agua

La información que se tiene respecto a los requerimientos de agua en el Ganado actualmente es compleja debido a que los datos que se tienen están basados en

información desactualizada, de investigaciones pasadas; sin embargo, se han hecho modelos matemáticos para estimar los requerimientos de agua. Una ecuación recomendada por el NRC basada en el trabajo de Hicks *et al.*, (1988) para estimar el consumo hídrico de novillos de engorda es la siguiente (Figura 3).

Figura 3. Fórmula para estimar consumo de agua del ganado según Hicks *et al.*, (1988)

$$\text{C.A. (L/día)} = -18.67 + (0.3937 \times \text{TM}) + (2.432 \times \text{CMS}) - (3.870 \times \text{PP}) - (4.437 \times \text{SD})$$

- C.A. = Consumo de Agua. Litros al día
- TM= Temperatura Máxima (F°)
- CMS= Consumo de Materia Seca (kg/d)
- PP= Precipitación Pluvial (cm/día)
- SD= Sal en la Dieta (%)

1.2.7 Calidad del agua de bebida para el ganado.

El agua en una cantidad y calidad adecuada es esencial para todo el ganado, ya que es importante para la salud y crecimiento del animal. Proveer de una alta calidad de agua al ganado siempre tendrá beneficios similares a la provisión de forrajes de alta calidad. (Utlely *et al.*, 1970) Se ha mostrado que aumentos en el consumo de agua resulta en un incremento en el consumo de alimento, mejorando la salud e incrementando la ganancia de peso. (Lardner *et al.*, 2013)

La calidad del agua es afectada por su fuente misma y por la contaminación por factores bióticos y abióticos, ya sea por deposición directa o nutriente disueltos en ella. (Willms *et al.*, 2002) Los diques con aguas de escorrentía superficiales se espera que contengan principalmente contaminantes biológicos naturales tales como bacterias, parásitos, virus y algas; esto debido a que el agua de escorrentía deposita en el dique gran cantidad de nutrientes que permiten la proliferación de estos microorganismos (Veira, 2007).

1.2.7.1 Parámetros y análisis para la determinación de la calidad del agua

Los principales criterios para evaluar la calidad del agua son las propiedades organolépticas (olor y sabor), fisicoquímicas (pH, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto total, conductividad eléctrica), microbiológicas (coliformes totales, Coliformes Fecales), Presencia de compuestos Tóxicos (metales pesados, minerales tóxicos, organofosforados e hidrocarburos) y la presencia de compuestos en exceso como nitratos, sodio, sulfatos y hierro (Martins *et. al.*, 2019). La calidad del agua se determina mediante la caracterización física y química de muestras de agua y su comparación con normas y estándares de calidad; su evaluación se lleva a cabo con base en cuatro indicadores según la Comisión Nacional del Agua: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Fecales (CF). (CONAGUA, 2018)

- DBO: Indica cantidad de materia orgánica biodegradable
- DQO: Indica cantidad total de materia orgánica.
- SST: Cantidad de sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal.
- CF: Presentes en los intestinos de organismos de sangre caliente (incluido el ser humano) y son excretados en sus heces fecales. Son indicadores de la presencia de aguas residuales.

1.2.7.2 Sales Totales

Según Caione (2013) las sales totales son la suma de las concentraciones de los sólidos que se encuentran presentes en el agua, conformadas por sales inorgánicas de sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio.

Todos los elementos minerales esenciales de la dieta habitualmente se encuentran en la mayoría de las fuentes de agua, en particular aguas superficiales como lagos. Una porción considerable de las necesidades de Na, Ca y S se satisfacen de esta manera. (Church and Pond, 2015)

Según el National Research Council, el agua que contiene menos de 1000 mg/l de sales solubles totales es segura para cualquier clase de ganado; entre 1000 a 5000 mg/l es segura, pero podría causar diarreas temporales en animales no adaptados a tales niveles de salinidad. Las concentraciones con 5000 a 7000 mg/l se consideran aceptables para todos los animales domésticos, excepto las aves de corral. El agua con concentraciones superiores a 7000 mg/l no debe ser ingerida por ganado bovino preñado o amamantando; o animales jóvenes en crecimiento. El agua con sales solubles mayor de 10 000 mg/l será inadecuada para utilizarse como agua potable en cualquier circunstancia.

1.2.7.3 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 siempre está asociado con iones positivos, de mayor manera 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).

Embry *et al.*, en 1959 llevaron a cabo un experimento donde compararon los efectos de añadir 7,000 o 10,000 mg por litro, de una mezcla de sales (cloruro de sodio, sulfato de magnesio y sulfato de sodio) o solamente cloruro de sodio respecto a un agua control, encontrando que el consumo de agua conteniendo la mezcla de sales de 7 a 10 mil mg/lit fue similar al del agua control, contrariamente, para aquella que contenía sólo cloruro de sodio (7 a 10 mil mg/lit) fue mejor respecto al control (agua de grifo) y tuvieron menos nitrógeno ureico en sangre; sin embargo, el desempeño del crecimiento en ambos tratamientos fue similar. Sin embargo, cuando se les dio agua

con cloruro de sodio a 20,000 mg/lit las vaquillas experimentaron anorexia, pérdida de peso, letargia, anhidremia y colapsos (Embry *et al.*, 1959).

Los efectos adversos asociados a la desinfección con hipoclorito de sodio son muy improbables, sin embargo, la aplicación de éste con agua alta en contenido de materia orgánica (aguas superficiales principalmente) puede ocasionar una síntesis de subproductos de la desinfección, siendo los tres principales: los clorofenoles (principalmente mono y diclorofenoles), trihalometanos y ácidos haloacéticos; los cuales pueden ser tóxicos para el ganado (Olkowski, 2009).

Los clorofenoles tienen un fuerte olor y sabor a medicina; su sabor se puede percibir en el agua aún a pequeñas concentraciones de partes por mil millones (ppb) a partes por millón (ppm). Cantidades pequeñas de clorofenoles pueden dar un sabor desagradable al pescado; en pruebas con animales, los clorofenoles aplicados en la piel y los ojos han causado lesiones graves como enrojecimiento, inflamación y la formación de costras y cicatrices; en los ojos se presentaron daños en la córnea. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el grupo de los clorofenoles puede ser carcinogénico (ATSDR, 1999).

Como una familia de compuestos, los trihalometanos clorinados y bromados son similares en su composición química, y son formados durante la clorinación del agua de bebida, en función de los niveles del carbono orgánico total (COT), tiempo de contacto, Ph, y temperatura. (Bellar *et al.*, 1974) Son cuatro los principales trihalometanos (THM) de preocupación en la salud pública: triclorometano (TCM; cloroformo), bromodiclorometano (BDCM), dibromoclorometano (DBCM) y tribromometano (TBM; bromoformo), englobados en el término de Trihalometanos Totales Mixtos (TTHMs); para los cuales la USEPA (US Environmental Protection Agency) en 1979 estableció un nivel de contaminación máximo de 0.10 mg/L (100 µg/L), sin embargo, en 1998 lo redujeron a 0.08 mg/L (80 µg/L) y añadieron 5 ácidos haloacéticos: ácidos monocloroacético (MCAA), dicloroacético (DCAA), tricloroacético (TCAA), monobromoacético (MBAA) y dibromoacético (DBAA); siendo para éstos una concentración máxima de 0.06 mg/L (60 µg/L) [USEPA, 1998].

Los ácidos haloacéticos (AHA) son la suma de los cinco ácidos determinados como los principales en agua, estos son (llamados en adelante AHA5): los ácidos monocloroacético (CH_2ClCOOH), dicloroacético (CHCl_2COOH), tricloroacético (CCl_3COOH), monobromoacético (CH_2BrCOOH) y dibromoacético (CHBr_2COOH). (Rodríguez, et. al; 2007) Estos cinco AHA's están regulados por la U.S. EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), a una concentración máxima para 60 $\mu\text{g/L}$ (EPA, 2006).

Narotsky *et al.*, en el 2011 probaron tres sets de mezclas de subproductos de la desinfección en ratas de 10 a 14 semanas de edad, con 5 días de gestación. Las mezclas fueron las siguientes: Una mezcla de los 4 trihalometanos (THM4), una mezcla de los cinco ácidos haloacéticos (AHA5), y una mezcla que contenía ambos THM4 y AHA5, denominada DBP9; cada una de las cuales preparadas a baja, mediana y alta concentración; administradas mediante agua purificada y des-ionizada mediante ósmosis inversa. Se encontró con relación a los AHA5, que la dosis de 615 a 1,231 $\mu\text{g/mol/kg}$ produjo significantes pérdidas de peso en las madres, pérdida de la gestación, anoftalmia y microftalmia en el 53% de las camadas con una dosis de 308 $\mu\text{g/mol/kg}$ y en el 79% a una dosis de 615 $\mu\text{g/mol/kg}$; ambas dosis significativamente diferentes respecto al control (Narotsky *et al.*; 2011).

1.2.7.4 pH (Acidez-Alcalinidad)

El pH del agua de bebida puede variar entre 6 y 8.5. Se sabe que las aguas ligeramente alcalinas, con un Ph entre 7 – 7.5 son las mejores para el ganado. Bajos ph resultan en acidosis, pueden ser corrosivas y provocar liberación de metales por disolución del sistema de bebederos. A ph mayores de 9.0 puede provocar incrustaciones en tuberías y ser corrosivas. (Eliseche, 2011) Según la Normativa en Nueva Zelanda agua con ph debajo de 6.5 (ácida) o por encima de 8.5 (alcalino) pueden causar malestares digestivos en el ganado, resultando en el rechazo del agua, decremento del apetito y consecuentemente pérdidas en la producción. (Markwick, 2007)

1.2.7.5 Nitratos y Nitritos

Están ampliamente distribuidos en la naturaleza y están asociados frecuentemente a suelos con intensa actividad agropecuaria, éstos a menudo llegan al agua por escorrentía hacia los cuerpos de agua superficiales (estanques, ríos, represas) o por filtración, llegando a pozos de agua poco profundos (Wright, 2007). Aunque las concentraciones de nitratos (NO_3) presentes de modo normal en el agua potable son bien toleradas por los animales, los nitritos (NO_2) son absorbidos con facilidad en el conducto gastrointestinal pudiendo alcanzar niveles tóxicos. Niveles de nitritos superiores a 33 mg/l en agua son tóxicos para el ganado (NRC, CAST), mientras que para nitratos recomienda una concentración no mayor a 100 mg/l.

En los rumiantes las enzimas microbianas convierten el nitrato ingerido a nitrito en el rumen, el cual (bajo situaciones normales) es reducido a amoníaco, que se incorpora al conjunto de nitrógeno ruminal y puede ser utilizado por las bacterias para la síntesis de proteína microbiana (Cajape, 2021); sin embargo, cuando este proceso de conversión está sobrepasado por un exceso de ingesta de nitratos (en alimento o en el agua), el nitrito es absorbido a torrente sanguíneo y reacciona con la hemoglobina formando así metahemoglobina, lo que reduce la transportación de oxígeno de la sangre, causando metahemoglobinemia (Wright, 2007).

Como mecanismos de mitigación el rumen posee una tasa de pasaje para el agua ingerida mucho mayor que aquella para el alimento consumido; Hartnell y Satter en (1979), encontraron un 7.7%/hr para los líquidos, en contraste con 4.0 y 3.4%/hr para granos y heno respectivamente. Otra forma de mitigación es el pasaje “bypass” del agua hacia intestino delgado, Garza *et al.*, (1990) demostró tasas de evasión ruminal del agua de 66 a 79% para dietas con 80% de concentrado; y 44 a 51% para dietas en praderas o altas en forraje.

1.2.7.6 Sulfatos

El azufre (S) es un componente estructural importante en los Aminoácidos: Metionina, Cisteína y Cistina; Tiamina y Biotina también contiene Azufre. Los microbios ruminales también necesitan del azufre para su metabolismo y crecimiento normal. (Wagner,

2021). El azufre forma parte de la SDT comúnmente encontrado unido a Na o al Mg, siendo el principal componente que causa elevadas concentraciones en las mediciones del SDT (Patterson and Johnson, 2003).

El azufre es considerado uno de los elementos minerales menos tóxicos, sin embargo, el Ácido Sulfhídrico, un producto del metabolismo en el rumen, es tan tóxico como el cianuro. (NASEM, 2005) El azufre puede ingresar al rumen en diversas formas: aminoácidos que contienen azufre, formas azufradas en los suplementos minerales, agua y alimento. Al ingresar al rumen es reducido a sulfuro por las bacterias reductoras de azufre. A medida que el consumo de azufre aumenta, la capacidad de las bacterias ruminales para producir ácido sulfúrico incrementa; la acumulación de ácido sulfúrico se asocia con una reducción en la producción misma de éste, inversamente, la remoción periódica del ácido sulfúrico a través del eructo mejora su producción. (Wright, 2007) El sulfuro producido en el rumen puede ser absorbido por el animal o usado por las bacterias ruminales para producir aminoácidos azufrados. (Gould, 1998) El sulfuro absorbido en el intestino es oxidado y desechado por oxihemoglobina en la sangre y por el sistema sulfuro-oxidasa en el hígado. (Kandyliis, 1984) Debido a que el ganado re-inspira aproximadamente un 70% de los gases ruminales eructados, el ácido sulfúrico pasa de manera directa de pulmones hacia corazón y cerebro evitando así el proceso de desintoxicación en el hígado provocando efectos neurotóxicos (ceguera, pobre coordinación, letargia, convulsiones y necrosis en la corteza cerebral) relacionados a PEM (poliencéfalomalacia) (Wright, 2007) ; esta condición se denominó PEM asociado al azufre y es posible que no responda a una terapia o suplementación con Tiamina (Gould, 1998).

El estatus de cobre en los rumiantes puede ser impactado por el agua alta en sulfatos, ya que el sulfuro producido por las bacterias ruminales puede actuar como antagonista en la absorción del cobre, ya sea por sí mismo o en combinación con molibdeno para formar tiomolibdatos (TMs) que se unen al Cu y a proteínas de alto peso molecular, perjudicando su absorción a nivel intestinal y plasmático (Riaz y Muhammad, 2018).

Una amplia gama de concentraciones de agua sulfatada ha sido asociada a un bajo rendimiento y problemas de salud en el Ganado, lo que ha dado lugar a investigaciones relacionadas a cómo las características de la dieta influyen la toxicidad por sulfuros. Carbohidratos rápidamente fermentables en la dieta incrementan la actividad de las bacterias sulfato-reductoras, causando mayor producción de ácido sulfídrico (Wright, 2007).

Spears y Lloyd (2005) reportaron que 0.46% de sulfuro fue bien tolerado en dietas basadas en ensilados, pero en dietas altas en concentrado este mismo porcentaje de sulfuro redujo el consumo de alimento y la ganancia diaria promedio.

NRC (2005) establece una concentración máxima tolerable para ganado que consume una dieta basada en forraje (> 40%) un 0.5% de sulfuro respecto a la MS de la dieta; mientras que para ganado con dietas altas en concentrado (>85%) la concentración máxima tolerable de sulfuro es 0.3% de la MS de la dieta.

1.2.7.7 Otros minerales

La Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina (NASEM, 2016), ha enlistado límites máximos de seguridad para sustancias potencialmente tóxicas (mg/L) en agua de bebida; incluyendo: Al (0.5), As (0.05), B (5.0), Cd (0.005), Cr (0.1), Co (1.0), Cu (1.0), F (2.0), Pb (0.015), Mn (0.05), Hg (0.01), Ni (0.25), Se (0.05), V (0.1), and Zn (5.0).

En el Cuadro 5 se resumen las concentraciones máximas, interacciones, efectos y signos de algunos otros metales que pudieran estar presentes en el agua de bebida del ganado.

Cuadro 5. Concentrado de Información Relevante sobre otros minerales contaminantes en Agua de Bebida para el Ganado.

Minerales	Guía	Interacciones			Efectos Adversos y Signos de Toxicidad	
	Máxima concentración recomendada en agua de bebida	Elementos Esenciales	Metales Tóxicos	Efectos Metabólicos	Toxicidad Aguda (lapso corto – Alto nivel exposición)	Toxicidad Crónica (lapso largo – Bajo Nivel Exposición)
Arsénico (As)	25 µg/L [▲]	<ul style="list-style-type: none"> · Cobre · Yodo · Selenio 	<ul style="list-style-type: none"> · Mercurio · Plomo 	<ul style="list-style-type: none"> · Incrementa la excreción de Se, lo que puede llevar a una deficiencia de éste. 	<ul style="list-style-type: none"> · Dolor Abdominal · Salivación · Depresión · Diarrea 	<ul style="list-style-type: none"> · Aumenta la pigmentación de la piel · Queratosis · Cáncer de Piel · Neuropatías Periféricas · Enfermedades Vasculares Periféricas · Hipertensión · Cáncer en órganos internos (no muy común en situaciones de campo)
Flúor (F)	1-2 mg/L [◆]	<ul style="list-style-type: none"> · Magnesio · Hierro · Manganeso · Cobre · Zinc · Molibdeno 	NA	<ul style="list-style-type: none"> · Puede Interferir en el metabolismo de: Mg, Mn, Fe, Mo, Cu Zn. · Síntesis de Vitamina B12 y la actividad del ácido fólico puede verse comprometidas. · Utilización de las proteínas disminuye al incrementar F en la dieta 	<ul style="list-style-type: none"> · Inquietud · Sudoración · Anorexia · Salivación · Disnea · Náusea · Gastro-enteritis · Debilidad Muscular · Convulsiones · Congestión Pulmonar · Falla Respiratoria y Cardíaca 	<ul style="list-style-type: none"> · A baja exposición los signos aparecen después de varios años. · Lesiones en huesos: Porosos, ásperos, arcillosos. · Cojeras, Rigidez, Arrastre de patas, Pezuñas curvas y anormales. · A niveles altos, signos incluyen: cabello seco y sin brillo; piel no flexible, inmunidad reducida, retraso del estro, mala reproductividad, rendimiento, atrofiado, crecimiento reducido.

Hierro (Fe)	0.3 mg/L♣	<ul style="list-style-type: none"> · Selenio · Cobalto · Manganeso · Cobre · Zinc · Calcio · Vit. C y E 	NA	<ul style="list-style-type: none"> · Deficiencia de Co, Cu, Mn, Se y Zn puede ser inducido con Fe alto. · En terneros (ovejas y bovinos) destetados y suplementados con hierro, hay agotamiento de las reservas de cobre en hígado. 	<ul style="list-style-type: none"> · No hay registros de toxicidad directa asociados con exceso de hierro en ganado. 	<ul style="list-style-type: none"> · El hierro en el agua si se presenta en forma ionizada como un catión divalente, puede interferir con otros metales divalentes como el Cu, Mn, Mg, Ca y Zn. · La mayoría de los efectos adversos están indirectamente asociados con deficiencias secundarias por interacciones antagónicas. · La deficiencia de Cobre es el resultado más común por una dieta hierro-excesiva en ganado vacuno y ovino. · Signos comunes en un consumo excesivo crónico son consumo reducido de Alimento, Bajo crecimiento, eficiencia y conversión alimenticia.
Plomo (Pb)	0.1 mg/L	<ul style="list-style-type: none"> Calcio Selenio Hierro Manganeso Cobre Zinc Vit. D 	Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> · Incrementa zinc hepático, disminuye cobre hepático y manganeso en riñón. · Niveles altos de calcio, cobalto, zinc, cobre, hierro y selenio pueden reducir la toxicidad. · El incremento de cadmio puede favorecer toxicidad por plomo. 	<ul style="list-style-type: none"> · Anorexia · Fatiga · Depresión · Diarrea · Dolor · Neuropatía · Ceguera · Presión en la cabeza · Temblores · Convulsiones · Pérdida de Peso · Abortos · Salivación · Balidos 	<ul style="list-style-type: none"> · Anorexia y estrés respiratorio están asociados a niveles bajos de envenenamiento. · Afecta funciones reproductivas en hembras y machos. · Reduce la respuesta inmune.

Magnesio (Mg)	400 mg/L*	<ul style="list-style-type: none"> · Calcio · Hierro · Manganeso · Cobre · Zinc · Potasio 	· Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> · Ingesta en exceso puede afectar el metabolismo del Cu, Fe, Mn, Ca y Zn · Dietas altas en potasio deprimen la absorción de Magnesio en rumiantes 	<ul style="list-style-type: none"> · Problemas de loco-moción. · Letargia · Coma · Muerte · El tallarse en los animales es un problema común a niveles altos de Mg en la dieta. 	<ul style="list-style-type: none"> · En monogástricos con aguas altas en Mg (mayormente con sulfato de Magnesio) lo más común es un efecto laxante. · En rumiantes el efecto detrimental es más importante fisiopatológicamente para el sulfato que para el Magnesio.
Mercurio (Hg)	3 µg/L ϕ	<ul style="list-style-type: none"> · Selenio Dietético · Zinc · Vit. E <p>Pueden tener efectos protectores contra el Hg.</p>	N/A	<ul style="list-style-type: none"> · Mercurio inorgánico se convierte a metil-mercurio (orgánico); que es muy estable y acumulativo en la cadena alimentaria. · Metil-mercurio es la forma a la que hay mayor riesgo de exposición en circunstancias prácticas. 	<ul style="list-style-type: none"> · Náuseas · Vómito · Irritación gastrointestinal severa. · Dolor · Shock · Arritmias cardiacas. · Uremia por daño en tejido renal. 	<ul style="list-style-type: none"> · El riesgo de una toxicosis crónica es muy baja y lenta.
Manganeso (Mn)	5.0 mg/L ⁺	<ul style="list-style-type: none"> · Calcio · Cobalto · Hierro · Cobre · Zinc · Fósforo 	· Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> · Puede afectar a relativamente bajos niveles de exposición, la homeostasis de varios metales esenciales como Ca, Co, Fe, Cu, P y Zn. 	<ul style="list-style-type: none"> · Toxemia aguda es muy poco probable. · Manganeso es un metal de muy baja toxicidad. 	<ul style="list-style-type: none"> · A bajos niveles y tiempo prolongado de exposición el tejido del cerebro muestra ser vulnerable a la toxicidad por Mn. También puede haber afecciones en el sistema reproductivo del macho.
Selenio (Se)	50 µg/L ■	<ul style="list-style-type: none"> · Calcio · Cobre · Manganeso · Zinc · Azufre 	<ul style="list-style-type: none"> · Arsénico · Plomo · Cadmio · Mercurio · Plata 	<ul style="list-style-type: none"> · Sustitución de azufre con Se en moléculas biológicamente activas puede conducir a la interrupción de actividades metabólicas. 	<ul style="list-style-type: none"> · El riesgo de una toxemia aguda con Se generalmente es muy baja. 	<ul style="list-style-type: none"> · Pérdida de vitalidad. · Emaciación · Deformidad · Desprendimiento de pezuñas. · Pérdida de pelo · Erosión de articulación de huesos largos.

						· Pérdida de fertilidad y defectos congénitos.
Molibdeno (Mo)	500 µg/L	· Cobre · Azufre · Mg · Zinc · Hierro	· Plomo · Volframio	· Tres interacciones principales entre Mo, Cu y S; lo que da una amplia aparente susceptibilidad en varias especies de ganado a la toxicidad por Mo. · Efectos Metabólicos están asociados a deficiencia de Cu inducida por Mo. · Crecimiento general retardado y anorexia por molibdenosis pueden estar asociados a deficiencias en las enzimas cobre - dependientes. · Los efectos aparentes de Mo, son influenciados por Mg, Zn, Fe, Pb, Metionina, Cisteína, ácido ascórbico, proteínas y alcalinidad de los suelos.	· Una toxicidad aguda no es probable de suceder bajo circunstancias de campo.	· Diarrea · Anorexia · Pérdida de pigmentación en pelo · Debilidad · Alteraciones en sistema nervioso · Retardo en el crecimiento significa una molibdenosis avanzada. · La importancia práctica para el sector ganadero son los efectos en el desempeño reproductivo.

▲ (CCME, 2005). Dosis tóxica en rumiantes domésticos aparenta estar entre 1 – 2 mg/kg de peso vivo; sin embargo, los parámetros productivos pueden verse afectados a niveles más bajos de exposición.

◆ A una dosis de 2 mg/L, moteado de dientes puede ocurrir.

♣ La CCME no provee niveles de hierro en agua para el ganado. El objetivo no oficialmente establecido es 0.3 mg/L.

* Valor basado en un límite máximo sugerido para vacas lecheras (Peterson, 2000)

⊕ (CCME, 2005). Animales de granja pueden ser expuestos a mercurio no solamente en el agua de bebida, sino en el aire, suelo y alimento.

+ Valor basado en una observación de Peterson, 2000.

■ Concentración máxima de tolerancia del Se para todo tipo de ganado es 2 ppm según el NRC, en 1980. (NRC, 1980)

1.2.8 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).

1.2.9 Virus

Los virus transmitidos por el agua representan un importante componente de la microbiota de aguas residuales y se sabe que son responsables de brotes de enfermedades alrededor del mundo (Xagorarakis y O'Brien, 2019).

Virus como norovirus (NoV), rotavirus (RV), virus de la hepatitis A (HAV), virus de la hepatitis E (HEV), adenovirus (AdV) y astrovirus pueden excretarse en las heces de humanos y/o animales. Estos virus pueden contaminar las aguas superficiales a través de la descarga de aguas residuales, escorrentía y drenaje de actividades agrícolas y las fugas de los sistemas sépticos defectuosos (Jones *et al.*, 2017). Existen reportes de que estos virus pueden sobrevivir al tratamiento de aguas residuales, ya que se han encontrado mediante PCR, en aguas residuales y posteriormente en aguas tratadas, por lo que representan un riesgo sanitario para los usuarios recreativos, consumidores de mariscos o consumidores de frutas y verduras frescas (Vasickova y Kovarcik, 2013).

Se sabe que los adenovirus causan gastroenteritis y enfermedades respiratorias y se han relacionado con brotes de enfermedades. Estos virus son un grupo comúnmente estudiado en el agua, ya que se detectan comúnmente en aguas residuales sin tratar y se han citado entre los virus humanos más abundantes en aguas residuales (Xagorarakí y O'Brien, 2019).

Los astrovirus son un grupo de virus de ARN que se han relacionado con brotes de gastroenteritis. Han sido citados como uno de los virus más importantes asociados con la gastroenteritis, pero no se han estudiado tan comúnmente en aguas residuales en comparación con otros grupos de virus entéricos (Clark y McKendrick, 2004).

Dos especies de virus de la hepatitis, el virus de la hepatitis A y el virus de la hepatitis E, se consideran virus transmitidos por el agua. La hepatitis es una enfermedad del hígado que puede causar numerosas afecciones, como fiebre, náuseas e ictericia. El virus de la hepatitis A se ha relacionado con brotes de enfermedades y se ha sugerido que incluso niveles bajos de contaminación viral del agua pueden producir infección. El virus de la hepatitis A, a menudo se detecta mediante PCR en aguas residuales sin tratar y en muestras de heces humanas (Hellmér *et al.*, 2014). En este sentido, es importante realizar un monitoreo rutinario de los cambios temporales en la concentración y diversidad de virus en las aguas residuales, ya que esto permitirá la detección temprana de brotes, evitando de esta manera la exposición de la población a riesgos sanitarios innecesarios (Xagorarakí y O'Brien, 2019).

1.2.10 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 (Alcalá-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). Las pérdidas directas se producirían por mortalidad y los costes del tratamiento específico y sintomático de los animales con diarrea. Además, se sumarían las pérdidas indirectas por el incremento de la morbilidad, como la mayor susceptibilidad de los animales afectados a otras infecciones (p.e. síndrome respiratorio ovino) y la disminución de la productividad.

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.

1.2.11 Normatividad vigente para el agua destinada a producción animal en México.

Actualmente en México no existe una normativa específica para los límites permisibles en la calidad del agua de bebida del 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), en su sección VI. "El Agua" da lineamientos generales sobre el manejo de las fuentes de agua, bebederos, y cantidad (no específicamente) a otorgar a los animales (Cuadro 6). En cuanto a los parámetros de la calidad de agua a seguir remite a la NOM-127-SSA1-1994 en sus anexos. Por otro lado, esta norma es mucho más extensa en todas las posibles sustancias que pueden estar presente en el agua y sus valores límites máximos, mientras que en el manual de BPP's para ganado Bovino de la SADER, este listado de sustancias es mucho más corto, sin contemplar elementos como Aluminio, Arsénico, Bario, Cromo, por poner algunos ejemplos. En la Cuadro 7 se muestra una comparativa entre los elementos enlistados en la NOM-127-SSA1-1994 y el Manual de BPP's de la SADER.

Cuadro 6. Principales normativas en México relacionadas a los límites fisicoquímicos, metodología de muestreo y análisis para calidad de agua.

Dependencia	Nombre de la normativa
SEMARNAT	NOM-001-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
CONAGUA	NOM-003-CONAGUA-1996 - Requisitos para construcción de pozos para prevención de contaminación de acuíferos.
SALUD	NOM-117-SSA1-1994 - Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica

	NOM-127-SSA1-1994 - Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
	NOM-179-SSA1-1998 - Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua potable en redes
Normas Mexicanas	NMX-AA-148-SCFI-2008 - Metodología para evaluar la calidad de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios.

Cuadro 7. 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.

CARACTERÍSTICA	Unidad	LÍMITE PERMISIBLE SEGÚN NORMATIVA	
		NOM-127-SSA1-1994	MANUAL DE BPP'S
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	
Turbiedad	UTN	5	
Aluminio	mg/L	0.20	
Arsénico *	mg/L	0.05	
Bario	mg/L	0.70	
Cadmio	mg/L	0.01	
Calcio	mg/L		< 1000
Cianuros (Como CN ⁻)	mg/L	0.07	
Cloro Residual libre	mg/L	0.2 - 1.50	
Cloruros (Como Cl ⁻)	mg/L	250.00	< 1000

Cobre	mg/L	2.00	
Cromo total	mg/L	0.05	
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/L	500.00	< 2000
Fenoles o Compuestos fenólicos	mg/L	0.30	
Hierro	mg/L	0.30	< 0.4
Fluoruros (como F ⁻)	mg/L	1.50	
Hidrocarburos aromáticos:			
· Benceno		10.00	
· Etilbenceno	µg/L	300.00	
· Tolueno		700.00	
· Xileno (tres isómeros)		500.00	
Manganeso	mg/L	0.15	
Mercurio	mg/L	0.00	
Nitratos (como N)	mg/L	10.00	< 440
Nitritos (como N)	mg/L	1.00	< 33
Nitrógeno amoniacal (como N)	mg/L	0.50	
pH	Unidades de pH	6.5 - 8.5	
Plaguicidas:			
· Aldrín y Dieldrín (separados o juntos)		0.03	
· Clordano (total de isómeros)		0.20	
· DDT (total de isómeros)	µg/L	1.00	
· Gamma-HCH (lindano)		2.00	
· Hexaclorobenceno		1.00	
· Heptacloro y epóxido de heptacloro		0.03	
· Metoxicloro		20.00	
· 2,4 D		30.00	
Plomo	mg/L	0.01	
Sodio	mg/L	200.00	< 800
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	1000.00	< 3000
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	mg/L	400.00	< 300
Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0.50	
Trihalometanos totales	mg/L	0.20	
Yodo residual libre	mg/L	0.2 - 0.5	
Zinc	mg/L	5.00	

- NMP= Número Máximo Permisible
- UFC= Unidades Formadoras de Colonia
- UTN: Unidades de Turbiedad Nefelométrica
-

Estas diferencias entre una y otra, hacen evidente una falta de actualización de los Manuales de BPP's, ya que no solamente faltan de anexar muchos minerales y elementos potencialmente contaminantes en el agua de bebida como lo es el arsénico; si no que aquellos componentes que aparecen tanto en la norma como en el manual, no están homologados (Ej. Cloruros viene como máximo en la NOM-127 a 250 mg/L; mientras que en el Manual de BPP's indica menor a 1000 mg/L).

1.2.9 Antecedentes en otras investigaciones

Con relación a la evaluación de la calidad del agua: Saucedo-Terán en (2016) evaluaron la calidad del agua que bebe el ganado mediante el cálculo de un índice de calidad de agua (ICA) que relaciona su composición físico-química con los tipos de abrevaderos tradicionales, en el sureste de Chihuahua-México. Obtuvieron como resultado que la calidad de agua de pozo y represas es buena para el consumo del ganado; más no es igual para el agua de arroyos y ríos.

Los únicos parámetros que se vieron influenciados por el tipo de abrevadero (TA) fueron pH, As y Co.

Islam *et al.*, (2019) investigaron el efecto de diferentes fuentes de agua en el consumo de alimento y el crecimiento de toretes (*Bos indicus*) en desarrollo. Compararon 4 fuentes de agua: pozo, suministro potable, charca y río; en 16 toretes de alrededor de 2 años de edad, organizados en 4 grupos de 4 animales cada uno, seleccionados aleatoriamente. Midieron indicadores de CA (consumo de agua), CMS Digestibilidad de Proteína Cruda (DPC), Digestibilidad de Fibra Cruda (DFC), Digestibilidad Total de Nutrientes (DTN) y Extracto Libre de Nitrógeno Digestible. Encontraron que las variables: CA, CMS, Extracto libre de nitrógeno y DTN; fueron significativamente más altas para el tratamiento de agua de pozo y que el crecimiento de toretes del grupo de agua de pozo fue comparativamente mejor que el resto.

Cashley M. Ahlberg en el 2019 realizó un estudio en donde colectaron consumos de agua y consumos de alimento de manera diaria en 578 vaquillas, en un periodo de 3

años aproximadamente. El agua la ofrecieron a libre acceso y se hicieron mediciones entre Consumo de Agua, Eficiencia del Agua, CMS, Eficiencia Alimenticia y Ganancia Diaria promedio. Encontraron que la raza del ganado no tuvo efecto significativo en el consumo de agua. Los animales que mostraron un mayor consumo de agua tuvieron un mayor CMS y mayor ganancia diaria de peso. Los animales que mostraron un menor consumo de agua fueron más eficientes en la una utilización del agua y alimento.

1.3 CONCLUSIÓN

Por su importancia en el sector pecuario, como por su alta vulnerabilidad para ser contaminada; es importante determinar la relación entre la calidad del agua de bebida con la respuesta productiva en el ganado bovino. Existen pocas investigaciones científicas que busquen llenar este vacío de información, siendo la mayoría de la literatura científica encontrada ya desactualizada o teniendo un alcance solamente a determinar un índice de calidad de agua. Es necesario desarrollar más investigación científica sobre este tema, para hacer frente a futuros retos medio-ambientales, donde el recurso agua será más pobre tanto en calidad como en cantidad, así como poder tener una normativa legal específica sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el agua de bebida de los bovinos.

CAPÍTULO 2: EFECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE OVINOS DE PELO EN FINALIZACIÓN Y EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA DIETA.

Comunicado Breve
Short Communication

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

Adriana Cervantes-Noriega¹, Norma A. López², Alfredo Estrada Angulo², Beatriz I. Castro-Pérez², Elizama Ponce-Barraza², Gilberto López-Valencia¹, Alberto Barreras¹, Alejandro Plascencia^{3*}

1 Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, México.

2 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

3 Departamento 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.

PUBLICADO EN EL JOURNAL: “Advances in Animal and Veterinary Sciences”

DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.5.980.984>

2.1 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

2.2 Short Communication

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 concentration and bacterial count load in drink water on performance and health of ruminants. High concentration (>1000 mg/L) of total dissolved solids (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 Autónoma de Sinaloa Animal Use and Care Committee (Protocol #7042021). During the course of the experiment, ambient air temperature averaged 26.8 °C, and relative humidity averaged 45.6%. In order to evaluate the treatments, 24 Pelibuey × 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 08:00 and 14:00 h. Residual feed was collected daily between 07:40 and 07:50 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 established by the American Public Health Association (APHA).

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).

2.3 Conclusions

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 lamb’s feedlot system.

2.4 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.

2.5 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-and184-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 synbiotic¹⁸⁸ 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, Kvokacka 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/10.17221/8818-VETMED>

López A, Arroquy J I, 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 226 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

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES GENERALES

- 1 Por su importancia en el sector pecuario, como por su alta vulnerabilidad para ser contaminada; es importante determinar la relación entre la calidad del agua de bebida con la respuesta productiva en el ganado ovino.
- 2 Es necesario desarrollar más investigación científica sobre este tema, para hacer frente a futuros retos medio-ambientales, donde el recurso agua será más pobre tanto en calidad como en cantidad.
- 3 En el presente experimento se concluye que al incrementar la calidad del agua reduciendo los SDT y eliminando la carga bacteriana; se tiene que las frecuencias en las diarreas disminuyen, promoviendo una mejor utilización de energía de la dieta, incrementando así la ganancia diaria de peso.
- 4 Debido al costo de la filtración y desinfección del agua, es necesario evaluar la factibilidad económica para aplicarla en un sistema de corderos de engorde.

CAPÍTULO 4. LITERATURA CITADA

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (2021) ToxFAQs for Chlorophenols. U.S. Department of Health & Human Services. Consultado en: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxFAQs/ToxFAQsDetails.aspx?faqid=940&toxid=1> 95 Última revisión de la página: 29 de julio de 2021
- AHLBERG, et. al. (2019) Characterization of water intake and water efficiency in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 2019, 4770–4782
- 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>
- ALI S, GOONEWARDENE LA, BASARAB JA (1994) Estimating water consumption and factors affecting intake in grazing cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 74, 551–554.
- ALVARADO MARTÍNEZ LUIS FELIPE, et. al, (2015) Informe del Componente Conservación de Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA) Sinaloa 2015. *Revista Mexicana de Agro negocios. Octava Época. Año XXII Volumen 43 Julio - diciembre 2018.*
- 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>.
- ATSDR. (1999). Toxicological profile for mercury. *Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services.*
- BEASLEY, V.R., W.O. COOK, y A.M. DAHLHEM. (1989). Algae intoxication in livestock and waterfowl. *Vet. Clinics North Amer.* 5:345-361.
- 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>
- BECKETT, J. L., AND J. W. OLTJEN. (1993). Estimation of the water requirement for beef production in the United States. J. Anim. Sci. 71:818–826. doi:1993.714818x
- BELLAR, T.A.; LICHTENBURG, J.J.; & KRONER, R.C., (1974). The Occurrence of Organohalides in Chlorinated Drinking Waters. Journal AWWA, 66:12:703. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1974.tb02129.x>.
- CAIONE, J. (2013). Calidad De Agua Para Consumo Animal. Laboratorio 9 de Julio. Art. Técnicos. Obtenido de <http://www.lab9dejulio.com.ar/>.
- CAJAPE B. JOSÉ FRANCISCO (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. Consultado el 18 de octubre de 2021. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1393/1/TTMV16D.pdf>
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). 2005. Canadian water quality guidelines for the protection of agricultural water uses.
- 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), Article 4. <http://cientificajournal.com/index.php/path/article/view/413>
- CHALÓN, V; TAVERNA, M. Y HERRERO, M. (2000) El Agua En El Tambo. APROCAL Publicaciones. Obtenido de <http://www.aprocal.com.ar/>

- CHEEKE – DIERENFELD (2010). Comparative animal nutrition and metabolism. Department of Animal Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA.
- CHURCH D. C. – POND W.G – POND K. R. (2015) Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2º Edición. Editorial Limusa, 2009.
- CLARK, B., Y MCKENDRICK, M. (2004). A review of viral gastroenteritis. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 17(5), 461-469. <https://doi.org/10.1097/00001432-200410000-00011>
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA) 2018. Estadísticas del Agua en México.
- ELICECHE, A. M., & Blanca-ARGENTINA, B. 2011. Environmental life cycle assessment as a decision-making tool in the energy sector.
- ELIZONDO SALAZAR, J. (2007). El agua: Un nutriente olvidado. *ECAG-Infoma*. 42:48-50.
- EMBRY LB, HOELSCHER MA, WAHLSTROM RC, et al. (1959) Salinity and livestock water quality. *South Dakota Agricultural Experiment Station Bulletin* 481; 1959.
- 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>
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. E.P.A. (2006) National primary drinking water regulations: stage 2 disinfectants and disinfection byproducts rule; final rule. *Fed Regist* 2006; 71:388–493.
- 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.
- FERNANDEZ CIRELLI ALICIA, et. al; (2009) Efectos Ambientales del Riego en Regiones Áridas y Semi-Áridas en América Latina. *Chilean Journal of*

Agricultural Research 69 (Suppl. 1):27-40 (December 2009).
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392009000500004>

GARZA, F. J. D., J. ZORRILL-RIOS, y F. N. OWENS. (1990) Ruminal water evasion and steady state. *OK Agric. Exp. Stn. MP 129*:114–121.

GOULD DH (1998) Polioencephalomalacia. *J. Anim. Sci.* 1998;76:309–14.

Grant, R., Laubel, A., Kronvang, B., Andersen, H. E., Svendsen, L. M., & Fuglsang, A. (1996). Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. *Water Research*, 30(11), 2633-2642.

HARTNELL, G. F., y L. D. SATTER. (1979) Determination of rumen fill, retention time and ruminal turnover rates of ingest at different stages of lactation in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 48:381–392. <https://doi.org/10.2527/jas1979.482381x>.

HELLMÉR, M., PAXÉUS, N., MAGNIUS, L., ENACHE, L., ARNHOLM, B., JOHANSSON, A., BERGSTRÖM, T., Y NORDER, H. (2014). Detection of Pathogenic Viruses in Sewage Provided Early Warnings of Hepatitis A; Virus and Norovirus Outbreaks. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(21), 6771-6781. <https://doi.org/10.1128/AEM.01981-14>

HICKS, R.B., OWENS, F.N., GILL, D., MARTIN, J.J., STRASIA, C.A., (1988). Water intake by feedlot steers. *Okla. Anim. Sci. Rpt*, 125. Animal Sci. Dept., Oklahoma State University, Stillwater, p. 208.

HOLTER J. B., URBAN W. E. (1992) Water Partitioning and Intake Prediction in Dry and Lactating Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* Volume 75, Issue 6, June 1992, Pages 1472-1479

INFASCELLI FEDERICO, et. al. (2005) Vitamin and water requirements of dairy sheep. *ITAL.J.ANIM.SCI. VOL. 4 (SUPPL. 1)*, 75-83, 2005

ISLAM, MT. et al. (2019) Effect of different sources of water on water quality and growth performance of growing bull. *Bangladesh Journal of Animal Science*. 2019. 48 (1):9-16

- JONES, T. H., BRASSARD, J., TOPP, E., WILKES, G., Y LAPEN, D. R. (2017). Waterborne Viruses and F-Specific Coliphages in Mixed-Use Watersheds: Microbial Associations, Host Specificities, and Affinities with Environmental/Land Use Factors. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(3). <https://doi.org/10.1128/AEM.02763-16>
- KANDYLIS K. T (1984) Toxicology of sulfur in ruminants: review. *J Dairy Sci* 1984; 67:2179–87
- LARDNER, H. A. et al., (2004). The effect of water quality on cattle performance on pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 2005, 56, 97–104
- LARDNER, H. A. et al., (2013). Consumption and drinking behavior of beef cattle offered a choice of several water types. *Livestock Science* 157 (2013) 577–585
- LEHNINGER: *Principios De Bioquímica*. 5a. edición. Barcelona: Omega, 2009.
- 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.67.7.3053-3057.2001>
- 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 enteric* Isolates from Surface Water in Southeastern United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(20), 6355-6365 <https://doi.org/10.1128/AEM.02063-14>
- LÓPEZ, S., F. D. DE B., HOVELL Y N. A. MACLEOD. (1994). Osmotic pressure, water kinetics and volatile fatty acid absorption in the rumen of sheep sustained by intragastric infusions. *Brit. J. of Nutr.* 71(2): 153-168 Resume. CAB-Abstracts
- MARKWICK GREG, 2007. Water Requirements for Sheep and Cattle. Prime fact 326. Nsw Department Of Primary Industries. Consultado en <http://livestockemergency.net/userfiles/file/water-supply/Marwick-2007.pdf>

MARTINS CASTRO MARIA SAMIRES, et. al. (2019) Water quality of small ruminant production systems in the Brazilian semiarid region. *Biological Rhythm Research*.

McDowell RW & RJ Wilcock (2008) Water quality and the effects of different pastoral animals, *New Zealand Veterinary Journal*, 56:6, 289-296, DOI: [10.1080/00480169.2008.36849](https://doi.org/10.1080/00480169.2008.36849)

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>

MURPHY M. R. (1992) Water Metabolism of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* Volume 75, Issue 1, January 1992, Pages 326-333

NAROTSKY MICHAEL G.; et. al. (2011). Pregnancy loss and eye malformations in offspring of F344 rats following gestational exposure to mixtures of regulated trihalomethanes and haloacetic acids. *Elsevier. Reproductive Toxicology Journal* 31 (2011) 59 - 65

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). (2005). *Mineral Tolerance of Animals*. Natl. Acad. Press.

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). (2016). *Mineral Tolerance of Animals*. Natl. Acad. Press.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1974) *Nutrient Requirements of Domestic Animals*. No. 2

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1980) *Nutrient Requirements of Domestic Animals*. No. 2

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2005) *Mineral tolerance of animals*. 2nd edition. Washington, DC: National Academy Press; 2005

- 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>.
- OLKOWSKI ANDREW A. (2009) *Livestock Water Quality: A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry and Swine*. University of Saskatchewan. Minister and Department of Agriculture and Agri-Food Canada. Consultado el 25 de octubre de 2021 en <https://www.researchgate.net/publication/303313901>
- 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>
- OWENS, F. N. Y A. L. GOETSCH. (1988). Fermentación ruminal. En: *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. C. D. Church (Ed.). Editorial Acribia, S. A.
- PATTERSON TREY and JOHNSON PAT (2003). Effects of Water Quality on Beef Cattle. *Range Beef Cow Symposium*. 63. <https://digitalcommons.unl.edu/rangebeefcowsymp/63>
- PETERSON, H. (2000) *Water Quality Requirements for Saskatchewan's Agri-Food Industry*. Prepared for Agriculture and Agri-Food Canada-Prairie Farm Rehabilitation Administration.
- 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), Article 4. <https://doi.org/10.22490/24629448.338>.
- Raiz, S., and Muhammad. 2018. KNOWLEDGE, ATTITUDE, PRACTICES OF WATER SANITAION AND HYGIENE.

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>.

Rodriguez, M. J., Sérodes, J. B., Levallois, P., & Proulx, F. (2007). Chlorinated disinfection by-products in drinking water according to source, treatment, season, and distribution location. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 6(4), 355-365.

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>

RW MCDOWELL, RJ WILCOCK. (2008) Water quality and the effects of different pastoral animals. *New Zealand Veterinary Journal* 56(6), 289-296, 2008.

SAUCEDO-TERÁN (2016). Calidad del agua de consumo animal en el sistema vacacría del sur de Chihuahua, México. *Ecosist. Recur. Agropec.* 4(11):331-340,2017

SPEARS JW, LLOYD KE (2005). Effect of dietary sulfur and sodium bicarbonate on performance of growing and finishing steers. *J Anim Sci* 2005;83 (Suppl 1):224

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>

- USEPA, (1979). National Interim Primary Drinking Water Regulations: Control of Trihalomethanes in Drinking Water. Federal Register, 44:231:68624.
- USEPA, (1998). National Primary Drinking Water Regulations: Disinfectants and Disinfectant Byproducts. 40 CFR Parts 9, 141, 142. Federal Register, 63:241:69390.
- UTLEY PR, BRADLEY NW, BOLING JA (1970). Effect of restricted water intake on feed intake, nutrient digestibility and nitrogen metabolism in steers. Journal of Animal Science. 3: 130–135
- VASICKOVA, P., Y KOVARCIK, K. (2013). Natural persistence of food- and waterborne viruses. Viruses in Food and Water, 179-204. <https://doi.org/10.1533/9780857098870.3.179>
- VEIRA, D.M., (2007). Meeting water requirements of cattle on the Canadian prairies. The Rangeland Journal.29,79–86.
- Wagner, T., Kainz, S., Helfricht, K., Fischer, A., Avian, M., Krainer, K., & Winkler, G. (2021). Assessment of liquid and solid water storage in rock glaciers versus glacier ice in the Austrian Alps. *Science of the Total Environment*, 800, 149593.
- WALTERS, S. P., GONZÁLEZ-ESCALONA, N., SON, I., MELKA, D. C., SASSOUBRE, L. M., Y BOEHM, A. B. (2013). Salmonella enteric Diversity in Central Californian Coastal Waterways. Applied and Environmental Microbiology, 79(14), 4199-4209. <https://doi.org/10.1128/AEM.00930-13>
- WARNER, A. C. I. AND B. D. STACY. (1972). Water, sodium and potassium movements across the rumen wall of sheep. Q. J. Exp. Physiol. Cogn. Med. Sci. 57;103-119.
- WILLMS WALTER D et al., (2002) Effects of water quality on cattle performance. JOURNAL OF RANGE MANAGEMENT 55(5) September 2002.
- WRIGHT CL (2007) Management of water quality for beef cattle. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 23: 91-103.

XAGORARAKI, I., Y O'BRIEN, E. (2019). Wastewater-Based Epidemiology for Early Detection of Viral Outbreaks. *Women in Water Quality*, 75-97.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-17819-2_5