

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Calidad de agua para consumo animal

Por:

ULISES YABIN CRUZ MATUS

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Calidad de agua para consumo animal

Por:

ULISES YABIN CRUZ MATUS

MONOGRAFÍA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


DR. JUAN MANUEL GUILLEN MUÑOZ


DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS

Presidente

Vocal


MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA


MC. KARLA QUETZALLI RAMIREZ URANGA

Vocal

Vocal Suplente


MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2022



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Calidad de agua para consumo animal

Por:

ULISES YABIN CRUZ MATUS

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS

Asesor Principal



MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA

Coasesor



MC. KARLA QUETZALLI RAMÍREZ URANGA

Coasesor



MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2022



DEDICATORIAS

A mi madre: Lucia Matus Canseco por darme la vida, criarme y educarme con todo su amor, apoyarme en todas las situaciones, por todos los sacrificios que hizo para que concluyera de la mejor manera mi carrera.

A mi padre: Gabriel Cruz Velasco que gracias a él realice uno de mis sueños, ser Médico Veterinario Zootecnista, por todos sus consejos que me da y también sus regaños.

A mis hermanos: Carlos Cruz Matus, Ingrid Cruz Matus, Leobarda Cruz Matus, Francisca Cruz Matus y Héctor Cruz Matus, por todo su apoyo incondicional durante toda mi carrera, por motivarme en los momentos difíciles que pase.

A mi abuelo: Ubaldo Matus que en paz descansa, que siempre me daba consejos y motivaciones en que cumpliera mis sueños.

A mis sobrinos: que siempre fueron mi motivación para seguir echándole y ser un ejemplo para ellos, por toda el cariño que me tienen.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por darme la dicha de poder cumplir este sueño, cuidarme en todo momento, ser mi motivación de ser mejor cada día de mi vida, estar conmigo cuando me siento solo.

A mi Alma Terra Mater: por ser mi segundo hogar en estos años de estudio, siempre la llevare en mi corazón, por darme las oportunidades, herramientas y conocimientos para aprender de la mejor manera esta profesión.

A mis amigos: David Reza Bárcenas, José Carlos Duran López, Andrea Alejandra Olguin Mandujano, Carlos Eduardo Lara Polvo, Giezi Eliel Domínguez Monzalvo por brindarme sus amistad y compañerismo durante esos 5 años, estar conmigo en las buenas y en las malas, motivarnos entre nosotros mismos para seguir adelante.

Al Dr. Ramiro González Avalos: por ser un excelente maestro en la carrera y por ayudarme a llevar a cabo este proyecto final de la carrera.

A los profesores: que nos dieron los conocimientos y habilidades que necesitamos para ejercer nuestra profesión.

RESUMEN

El agua es un elemento indispensable para la vida ya que forma parte del peso de animales y plantas, gracias a ella se llevan a cabo procesos químicos y físicos esenciales para mantener el organismo en función. Del consumo de alimento es en proporción con el consumo de agua. La calidad y cantidad de agua debe ser la satisfactoria para cumplir con los requerimientos del animal, y así tener animales productivos y saludables. Los animales tienen tres tipos de ingestión de agua para el organismo; ingestión voluntaria, mediante ingesta de alimentos y agua metabólica que se genera mediante las reacciones químicas propias del organismo. El consumo de agua varía de acuerdo con tamaño del animal, tipo de animal, etapa de lactación, niveles de producción de leche, ganancia de peso diario, tipo de dieta, calidad del agua, condición ambiental, accesibilidad hacia el agua. La calidad de agua se evalúa mediante sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas, presencia de compuestos tóxicos, microorganismos patógenos, minerales. El objetivo del presente trabajo fue revisar la literatura para identificar las vertientes en la investigación respecto a la calidad de agua para el consumo en animales.

Palabras clave: Calidad, Consumo de agua, Tratamiento, Producción animal.

Índice general

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
Índice general	iv
Índice de cuadros	v
Índice de figuras	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. El agua y su estructura molecular	3
2.2. Características físicas	4
2.3. Características químicas	6
2.4. Microbiología del agua	12
2.5. Funciones del agua	14
2.6. Consumo de agua por el animal	15
2.7. Calidad de agua	16
2.8. Métodos de tratamiento del agua	19
3. CONCLUSIONES	23
4. LITERATURA CITADA	24

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Guía del contenido de sulfatos en el agua para bovinos	7
Cuadro 2.	Guía del contenido de sales totales en el agua para bovinos	9
Cuadro 3.	Guía de concentrado de nutrientes y elementos tóxicos del agua para bovinos	11
Cuadro 4.	Consumo potencial de agua según peso, estado fisiológico y temperatura	16

Índice de figuras

Figura 1.	Clasificación de la filtración de acuerdo con la fuerza impulsadora	19
Figura 2.	Proceso de floculación del agua	21
Figura 3.	Fenómeno de osmosis inversa	22

1. INTRODUCCIÓN

El agua interviene en la mayoría de los procesos naturales de la tierra, debido al impacto que tiene en todos los aspectos de la vida. Dado que cada organismo depende del agua, por lo que se convierte en el ámbito primordial para el desarrollo de la sociedad a través de la historia. No obstante, también es un recurso limitado, vulnerable y con el paso del tiempo se hace más escaso, ya que no hay una conciencia globalizada sobre el manejo moderado que se debe ejercer sobre el mismo (Mejía, 2005). De la misma forma el agua al ser una sustancia indispensable para la vida, por sus múltiples propiedades, es usada en actividades diarias de la agricultura su uso oscila entre un 70% al 80%, en la industria un 20%, uso doméstico 6%, valorada como el recurso más apreciado del planeta (Amado, 2018). A nivel del planeta tierra el 70% de la corteza terrestre la ocupa el agua, siendo el 0.65% potable, el 2.05% se encuentra en estado sólido (congelada), que conforman los hielos continentales, la mayor parte (97.3%) está en los océanos y mares, estas aguas están compuestas por más del 30 gramos por litro de Sólidos Totales Disueltos (STD) por esta razón no es apta para el consumo de animales y humanos (Lagger *et al.*, 2000a).

Por consiguiente, es obligatorio llevar a cabo un análisis de la calidad del agua en nuestra explotación ganadera, en las explotaciones intensivas, repetirlo habitualmente para prevenir su contaminación y/o salinización. La Salinidad Total o Sólidos Totales Disueltos (STD) es la suma de todas las sales minerales disueltas en el agua. En la escala de salinidad debajo de los 1000 mg/litro es excelente para consumo animal, de 1000 a 3000 mg/L se considera regular. El ganado de tipo

lechero se adapta a altas concentraciones de salinidad, tolerando un rango de 5000 a 7000 mg/L (Legger *et al.*, 2000b).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. El agua y su estructura molecular

La superficie del planeta Tierra esta cubierta por más del 70% de agua que se encuentra dividida en océanos, mares, ríos, lagos de igual manera en el aire y suelo. El agua interviene en la condición del clima del planeta, es el encargado de moldear la tierra, fuente y sustento de la vida de todos los seres vivos, debido a sus propiedades únicas a diferencia de otros elementos se hace esencial para la vida. Dentro de sus principales propiedades es que es un solvente extraordinario, lleva el papel de reactivo en los distintos procesos metabólicos, su capacidad calorífica, cuando se congela tiene la capacidad de expandirse. Del total de la superficie de agua que son aproximadamente el 97.5%, el 2.5% la conforma el agua dulce, glaciares, nieve y el hielo de los polos el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua que se encuentra en la superficie rápidamente conforma solo el 1%, esta cantidad se halla en los lagos 52% y humedales 38% (Fernández, 2012). Desde el punto de vista químico el agua tiene la propiedad de disolver otras sustancias, por lo cual se le da el nombre de “disolvente universal” (Peón, 2007).

En cuanto a su estructura molecular es una molécula sencilla formada por tres átomos pequeños, un átomo de oxígeno y otros dos de hidrogeno, que cuentan con enlaces polares que pueden formar puentes de hidrogeno entre moléculas adyacentes. El calor especifico que tiene le da un excelente amortiguador y regulador de cambios térmicos, por lo que mantiene la temperatura corporal constante. El calor de vaporización que tiene permite eliminar, mediante el sudor

grandes cantidades de calor y así regular la temperatura corporal del animal (Carbajal y Gonzales, 2012).

En la molécula del agua (H_2O) los dos átomos de hidrogeno se encuentran unidos al átomo de oxígeno en un mismo sentido formando una molécula en forma de V con un ángulo de 104.5 grados entre los enlaces de O-H. La geometría de esta molécula está determinada por el orden de los pares electrónico, tiene un total de 8 electrones de valencia los cuales dos pares corresponden a enlaces O-H, cada átomo aporta un electrón al enlace, los dos pares no participan en los enlaces y se les conoce por pares de electrones libres. Las propiedades que tiene el agua corresponden a dicha geometría molecular, ya que le permite interactuar de maneras específicas con otras moléculas, y de gran tamaño, iones (Peón, 2007).

2.2. Características físicas

El agua es un monóxido de hidrogeno con peso molecular de 18.016, la molécula de dos átomos de hidrogeno unidos covalentemente a uno de oxígeno. El agua en presiones ambientales, temperatura ambiente temperatura se mantiene en su estado líquido, llegando a la forma solida a los 3.98 °C (Fuentes y Amábile, 2013).

La temperatura del agua se establece mediante la absorción de la radiación en las capas superiores de esta. Las variaciones que hay de temperatura afecta la solubilidad de sales y gases presentes en el agua, en general a la mayoría de sus propiedades, tanto fisicoquímicas al igual que las microbiológicas. La temperatura del agua superficial está liada a la irradiación que reciba, las aguas profundas de embalses y lagos experimentan un ciclo caracterizado por dos períodos: conocido como "mezcla térmica" que tiene la temperatura similar a la de la profundidad, y el

otro de "estratificación térmica" que consiste en aguas cálidas en la superficie y frías en el fondo que son imposibles de que estas dos capas se mezclen. El color del agua la determinan las sustancias coloreadas que existen ya sea en suspensión o disueltas, la materia orgánica producto de la descomposición de vegetales, metabolitos orgánicos, la presencia de sales solubles de hierro y manganeso en las aguas subterráneas y superficiales con poca oxigenación. En las aguas de lagos y embalses existe la relación directa entre color y pH, cuando uno se modifica el efecto es para ambos.

El olor y sabor del agua son de orígenes naturales y artificiales. Las de origen natural son gases, compuestos orgánicos e inorgánicos, sales, compuestos provenientes de los organismos que viven en ella. Mientras que los de origen artificial también pueden ser de origen orgánico e inorgánico, pero se definen mejor al identificar la fuente concreta que produce un problema.

Compuestos inorgánicos: El ácido sulfhídrico (H_2S) en baja concentración se suele encontrar en las aguas de poca oxigenación, sales y minerales como el hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn), metales: Cl^- , sulfato ($SO_4^{=}$), HCO_3^- y nitratos (NO_3^-) como aniones.

Compuestos orgánicos: Geosamina es un aceite neutro con un olor a tierra, producido por la especie de *Actinomicetos*, mucidona con un olor a moho, odorantes como sulfuro de dimetilo, metilmercaptanos, benceno, metil-isoborneol. Los microorganismos productores de olor y sabor en el agua engloban todos los que viven en ella: algas, hongos, bacterias, cianofíceas, organismos

zooplanctónicos, son encargados de llevar a cabo la putrefacción de materias orgánicas y su descomposición (Marín, 2008).

La turbiedad es dada por partículas en suspensión o coloides presentes en el agua como es limo, arcilla, tierra finamente dividida, entre otras. También es causada por las partículas que conforman a los sistemas coloidales; son las que por el tamaño de estas se encuentran en suspensión y se reduce la transparencia del agua ya sea en menor o mayor grado.

Para poder medir el grado de turbiedad se necesita de un turbidímetro o nefelómetro, las unidades que se manejan son unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Aguas naturales tienen un pH de 5-9. La densidad del agua es considerablemente estable, se ve alterada a los cambios de presión y temperatura, en una presión atmosférica normal de 1 el agua tiene una mínima densidad a 100 °C, con un aproximado de 0,958 Kg/l, mientras mas baja la temperatura se ve en aumento la densidad de manera que suele llegar hasta los 3.8 °C, alcanzando una densidad de 1 Kg/l (Barrenechea, 2014).

2.3. Características químicas

El dióxido de carbono (CO₂) disuelto en el agua procede de diferentes fuentes: de la respiración de los microorganismos acuáticos no fotosintéticos, la descomposición de materias orgánicas, disolución ácida de carbonatos y de la lluvia. El secuestro de este elemento es fundamental ya que se da a través de la función clorofílica de plantas y microorganismos presentes en el agua (Catalán y Catalán, 1987).

Los compuestos nitrogenados del agua proceden de materias orgánicas, vegetales, desechos humanos como el amonio y la urea, disoluciones rocosas como el nitratos. El nitrógeno de la atmosfera es fijado por microorganismos terrestres y acuáticos. El ciclo del nitrógeno esta compuesto de dos ruta la nitrificación que es el proceso oxidativo y la desnitrificación que por el contrario es un proceso reductivo.

El amonio (NH_4) es el resultado final de la reducción de sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas. En aguas bien oxigenadas se oxida a NO_2 y después a NO_3 por acción de las bacterias, existe un equilibrio ácido-base entre amoníaco y amonio. La concentración de amoniaco e ion amonio está determinada por el grado de pH del agua, el NO_3 al ser metabolizado puede formar proteínas y aminoácidos (Jenkins, 2004).

Cuadro 1. Guía del contenido de sulfatos en el agua para bovinos (tomado de NRC, 2011).

Sulfatos (mg/l)	Comentarios
<500	Agua para terneros
≤1000	Agua generalmente segura para adultos
>1000	Es probable que los animales comiencen a tener problemas (diarreas) y eviten consumirlas. Pueden volverse resistente al efecto laxante.
≥ 2500	Puede ser tolerada por los animales, pero por periodos cortos de tiempo.

Nitritos: Son el resultado intermedio de la oxidación del amonio y los nitratos. En aguas superficiales la concentración oscila en los 0.100 mg/L, siendo más abundantes en ríos contaminados por aguas residuales urbanas y/o industriales. También existen en las aguas subterráneas al ser pobres en oxígeno. Los NO_2^- , de igual manera que los NO_3^- , pueden transformar en el organismo la hemoglobina en metahemoglobina dificultando así la respiración celular, puede presentar una potencial capacidad cancerígena.

Los nitratos proceden de disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materia de los vegetales y animales, una principal fuente de existencia a tomar en cuenta es la contaminación por efluentes agrícolas e industriales. En aguas con superficie no contaminadas el valor oscila en los 10 mg/L, en cambio aguas subterráneas contaminadas por abonados pueden superar los 50 mg/L (Gray, 1994).

Dentro de las especies sulfuradas del agua se encuentra S^{2-} , HS^- y H_2S . En aguas con $\text{pH} < 7$ predomina H_2S libre y en un $\text{pH} = 7$ hay cantidades similares de H_2S y HS^- . Siendo el ácido más tóxico, aguas ácidas serán más tóxicas que las de pH más alto. En aguas bien oxigenadas no existe presencia de H_2S libre, pero si en aguas residuales y en aguas profundas desoxigenadas como lagos y embalses, en concentraciones de 0,5 mg/L.

Sulfitos: Son un estado de oxidación intermedia entre sulfuros y sulfatos, su existencia en aguas indica contaminación de tipo industrial. Siendo sumamente tóxicos por el consumo de oxígeno.

Sulfatos: Altamente solubles, procedentes de disolución de yesos y de la oxidación bacteriana de sulfuros, la concentración oscila entre 20 y 50 mg/L (Margalef, 1983).

Cuadro 2. Guía del contenido de sales totales en el agua para bovinos (tomado de NRC, 2011).

Solidos (mg/l)	Comentarios
<1000	Agua segura y sin problemas.
1000 a 2999	Agua generalmente segura. Puede causar una diarrea temporaria en animales no acostumbrados.
3000 a 4999	Puede ser rechazada o causar diarrea en animales no acostumbrados. Debido a que el consumo de agua no es maximizado la performance animal puede estar disminuida.
5000 a 6999	Debería evitarse su uso para animales gestantes y en lactancia. Puede ser ofrecida en animales que no están bajo una situación de alta producción.
>7000	No debería ofrecerse para bovinos. Su consumo puede ocasionar problemas de salud y baja producción.

El fosforo presente en el agua proviene de la disolución de rocas y minerales, el lavado de suelos en las que se hallan restos de las actividades ganaderas y agrícolas, proceden así mismo de las aguas residuales domésticas. Al igual que otros elementos del agua se compone de compuestos orgánicos e inorgánicos ya sea disueltos o en suspensión. Por otra parte el silicio es el elemento mayoritario de

las rocas (silicatos, feldespatos). La sílice en un agua corresponde a dos estados: coloidal o disuelta (ácido silícico). Las concentraciones del SiO₂ en aguas naturales oscilan entre 1 y 30 mg/L.

La concentración de cloro (Cl⁻) en aguas con superficie no contaminada se encuentra alrededor de los 20-40 mg/L. En el caso de los ríos es típico su incremento en el corrido del cauce fluvial desde su nacimiento (Marín, 2003).

El aluminio es uno de los elementos frecuentes en aguas naturales, su concentración varía entre 0.012 y 2.25 mg/L, teniendo valores más altos en aguas más ácidas.

El arsénico se encuentra en las aguas disolución de sus sales por el cual se le considera la impureza de los minerales, de sus complejos orgánicos que proceden de las emisiones volcánicas, refinado de metales, vertidos industriales metalúrgicos, insecticidas. La concentración de arsénico en aguas naturales se encuentra en <10 µg/L, en las aguas subterráneas contaminadas pudiendo a casos extremos de hasta algunos mg/L. y en las aguas no contaminadas presentan bajos niveles de boro entre 10 µg/L y 50 µg/L.

Cobre: Se suelen encontrar bajas concentraciones de Cu que van de 1 a 100 µg/L, pudiéndose encontrar valores más altos, pero siempre por debajo de 1 mg/L, esto en aguas ricas en sustancias, compuestos húmicos y materias orgánicas. El hierro presente en un agua proviene de la disolución de rocas y minerales, también de aguas residuales procedentes de la producción de acero y otros metales (Barreque, 1979).

Cuadro 3. Guía de concentración de nutrientes y elementos tóxicos del agua para bovinos (tomado de NRC, 2011).

Elemento	Límite superior (mg/ppm)	Elemento	Límite superior (mg/ppm)
Aluminio	0,5	Flúor	2,0
Arsénico	0,05	Manganeso	0,05
Boro	5,0	Mercurio	0,01
Cadmio	0,005	Níquel	0,25
Cromo	0,1	Selenio	0,05
Cobalto	1,0	Vanadio	0,1
Cobre	1,0	Zinc	5,0

El níquel los niveles medios en aguas superficiales no superan los 5 a 10 $\mu\text{g/L}$, pero hay ocasiones en las que se encuentran concentraciones superiores a 1 mg/L. Los niveles de plomo en las agua oscilan en 5 $\mu\text{g/L}$ y 10 mg/L el Pb puede encontrarse disuelto, coloidal y asociado a partículas. El sodio es de los metales que más se encuentra en el agua ocupado el tercero o en casos el segundo siguiendo el orden de abundancia puede llegar hasta los 300 mg/L, y en aguas marinas, salobres se considera el metal más abundante conteniendo alrededor de 10 g/L. El selenio se halla en presentación de selenitos y seleniatos. Teniendo una concentración que no sobrepasa los 10 $\mu\text{g/L}$ (Novotny, 2003).

2.4. Microbiología del agua

El contenido microbiológico del agua lo conforman dos grupos: bacterias autóctonas que tienen hábitat en el agua y sólo pueden desarrollarse óptimamente en este medio, por otro lado, bacterias procedentes de otros biotopos, es decir bacterias que proceden de la tierra y del aire. El contenido bacteriano varía dependiendo de qué tipo de agua es, su concentración de sales inorgánicas y sustancias orgánicas, enturbiamiento, temperatura e iluminación.

Los principales géneros de bacterias son bacilos no esporulados de los géneros *Achromobacter* y *Flavobacterium*, bacilos Grampositivos de los géneros *Micrococcus*, *Nocardia*. En aguas subterráneas existen géneros de *Microcycclus*, *Hyphomicrobium* y *Clostridium*. En manantiales aparte de las bacterias anteriormente mencionadas, debido a su mayor riqueza en nutrientes, viven gran variedad de géneros como ejemplo tenemos las aguas ferrosas pudiendo existir bacterias del hierro *Leptothrix ochracea* y *Crenothrix polyspora*.

En arroyos deficientes de sustancias nutritivas suelen predominar los bacilos Gram-negativos no esporulados encontrándose bacterias pediculadas del género *Pseudomonas*, estas disminuyen la población de *Flavobacterium* y *Achromobacter* haciéndose mayoritarias las enterobacterias (Marín, 1996).

El número de bacterias provenientes de la tierra presentes en los ríos es alto encontrándose el género *Azotobacter* y azotobacterias del tipo *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. En aguas fluviales también pueden encontrarse vibriones, sarcinas, espirilos, thiobacillus, micrococos, espiroquetas, nocardias, estreptomicetos, citófagos (Aurazo, 2017).

Los hongos que existen en el agua pueden ser saprofitos, siendo parásitos que atacan a muchas variedades de plantas y animales, depredadores de los mismos protozoos, rotíferos o nemátodos. Los hongos acuáticos ya sea unicelulares o pluricelulares conforman a tres grupos principales: Mixomicetos siendo labirintulados y mixomicetos parásitos, hongos superiores (ascomicetos, basidiomicetos y deuteromicetos) y hongos inferiores o ficomicetos, siendo estos últimos en teoría los hongos acuáticos propiamente dicho.

Los hongos superiores de las aguas se detectan en mayor parte Ascomicetos y Deuteromicetos, Basidiomicetos. En arroyos y ríos pobres en nutrientes y materia orgánica se encuentran sobre las ramas sumergidas especies del género *Sapromyces* (Leptomitales). Y en los ríos abundan los ficomicetos (Chytridiales) parásitos depredadores de otras especies como algas planctónicas, pequeños animales, huevos y larvas de cangrejos y peces.

En lagos hay presencia de Ficomicetos tanto saprofitos como parásitos de los géneros *Olpidium* y *Ancylistes*. Los lagos donde existe acumulación de restos vegetales es el medio ideal para los géneros, *Anquillospora*, *Dendrospora* y *Clavariopsis* (Streble *et al.*, 1987).

La mayoría de los protozoarios son de carácter beneficioso por lo que contribuyen a preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Su incremento anormal puede ocasionar alteraciones en el ecosistema acuático; otro grupo de protozoarios son parásitos patógenos es decir que pueden causar enfermedades al hombre y los animales. Dentro de esta categoría de protozoarios se encuentran quistes de *Giardia* y ooquistes de *Cryptosporidium* y enteroparásitos como *Entamoeba*

histolytica y *Balantidium coli*, *Naegleria* y *Acanthamoeba* (LeChevallier y Norton, 1995).

2.5. Funciones del agua

Función termorreguladora: Su propiedad del elevado calor específico que posee el agua permite mantener constante la temperatura interna de los seres vivos. El elevado calor de vaporización da a entender la disminución de temperatura que experimenta un organismo cuando el agua se evapora en la superficie del cuerpo de un ser vivo (García, 2011).

Función estructural: Por la elevada cohesión de las moléculas permite al agua dar volumen a las estructuras, debido a la presión que ejerce sobre la membrana es responsable del mantenimiento de la estructura celular, funciona como esqueleto hidrostático en animales invertebrados.

Función metabólica: El agua compone el medio en el que se llevan a cabo la mayoría de las reacciones bioquímicas del metabolismo.

Función disolvente: El agua es un buen disolvente de todas las biomoléculas se le da el nombre de “disolvente universal”, a excepción de los lípidos. Por esta razón el agua constituye el medio acuoso donde transcurren la mayoría de las reacciones biológicas y también puede ser utilizada por su fluidez como medio de transporte de materiales entre distintas partes del organismo.

Función transportadora: Por su elevada capacidad de disolvente del agua permite el transporte de sustancias en el interior de los seres vivos y su intercambio con el

medio externo, llevándose a cabo el aporte de sustancias nutritivas y la eliminación de productos de desecho (Carbajal y Gonzáles, 2012).

2.6. Consumo de agua por el animal

La cantidad de consumo de agua no son fijas, son variables de acuerdo a función de varios factores, que se pueden dividir en tres grupos:

Relativos al ambiente: Temperatura ambiente, variación diaria de temperatura, humedad relativa, lluvia y viento.

Relativos a la dieta: Contenido de humedad, nitrógeno, fibra y sal del alimento.

Relativos al animal: Estado fisiológico, peso vivo, nivel reproductivo, consumo diario de materia seca.

Un bovino adulto consume agua entre un 8-10% de su peso vivo, como ejemplo una vaca lechera puede consumir entre 38 y 110 litros de agua por día (l/d) esto dependiendo del estado fisiológico en que se encuentre, en cambio un bovino para producción carne de 26 a 70 l/d. Las vacas preñadas consumen mayor cantidad de agua en comparación con las vacías, y las lactantes más que las secas. Existen factores que pueden influir negativamente sobre el consumo voluntario de agua como lo es la frecuencia y periodicidad con lo que lo hacen, la facilidad de acceso a la fuente de agua, interacciones sociales y de comportamiento, calidad de agua (Duarte, 2013).

El consumo de agua por los animales se ve afectado por las propiedades organolépticas del agua ya que las vacas productoras de leche tienen bien

desarrollado los sentidos que pueden detectar olores y sabores, el color la turbiedad pueden utilizarse para evaluar la calidad organoléptica (García, 2012).

Cuadro 4. Consumo potencial de agua según peso, estado fisiológico y temperatura (tomado de NRC, 2011).

Temperatura	Vacas lactando	Vacas secas	Animales en crecimiento		Animales en terminación	
	409 kg	409 kg	108 kg	273 kg	364 kg	454 kg
4	43	25	15	20	28	33
10	48	27	16	22	30	36
14	55	31	19	25	34	41
21	64	37	22	30	41	48
27	68		25	34	47	55
32	61		36	48	66	78

Alrededor del 97% del agua que requiere el animal lo obtiene consumiendo del bebedero, pero también por medio de la ingesta de los forrajeros verdes y en menor proporción a través de las reacciones metabólicas como la oxidación; las pérdidas se dan por medio de la orina, las heces, las distintas maneras de evapotranspiración y en la producción de leche (Pineda, 2019).

2.7. Calidad de agua

La calidad del agua es un factor muy importante ya que influye sobre la salud y la producción de los animales. Los criterios y parámetros que definen que el agua sea

de buena calidad son las características organolépticas, fisicoquímicas, la presencia y cantidad de sustancias químicas como nitratos, sulfatos, sodio, minerales de forma general, de compuestos tóxicos arsénico y de microorganismos. El consumo de agua de mala calidad conlleva a la disminución del consumo de alimentos, por lo tanto, se presentan problemas digestivos, por consiguiente, una baja productividad del animal, por consecuencia una alteración de la reproducción (Vidaurreta, 2015). Dentro de los factores que hacen al agua de mala calidad es la salinidad total, niveles de sulfatos y en algunos casos la concentración de arsénico (As), flúor (F) y nitratos. El As y el F son los elementos pueden definir la ineptitud del agua para ser consumida. Son elementos altamente tóxicos para los animales, por lo que independientemente de la composición salina del agua de bebida, altos niveles de uno u otro limitan su uso. Los niveles de tolerancia del arsénico son 0.05 ppm para consumo humano y 0.2 ppm para consumo animal. En el caso del flúor tanto su deficiencia como su exceso produce trastornos óseos muy importantes. Los niveles que llegan a producir dichas alteraciones oscilan alrededor de 1.5 ppm. Los nitratos se consideran peligrosos a partir de 200 ppm y son indicadores de contaminación orgánica, también se relaciona con la fertilización irracional con urea. El agua cuenta con sales beneficiosas y perjudiciales. Dentro de las beneficiosas o neutras se encuentra el cloruro de sodio, carbonatos y bicarbonatos de calcio (Ca), sodio (Na) y magnesio (Mg) y las perjudiciales son los sulfatos de Ca, Na y Mg, siendo este último el más perjudicial (Bonel y Gazi, 1985). La calidad del agua se determina mediante los distintos análisis de muestras de agua que hay. Un análisis bacteriano indica si el agua contiene microorganismos. Un análisis químico determina los niveles de minerales presentes en el agua (Dupchak, 1900).

Contenido de sales totales (ST) es la suma de las concentraciones de todos los sólidos disueltos en el agua. La salinidad del agua es el principal factor que nos determina si la fuente de agua es apropiada para el ganado. La mayoría de las sales disueltas en el agua son compuestos inorgánicos, como sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos de Ca, Mg y Na.

Dentro de las sales contenidas en el agua, los sulfatos son más perjudiciales que los cloruros y las sales inorgánicas más perjudiciales que las orgánicas. Se toma como valor límite superior 7000 mg ST/l de agua. Por encima de estos valores se desaconseja el uso de esta fuente de agua. Aquellas que poseen entre 2000 y 4000 mg ST/l se consideran aguas de buena calidad (Eliseche, 2002).

Interpretación del análisis químico-pH: La concentración de iones de Hidrógeno en el agua determina el nivel de pH. Un valor de pH de 7 indica agua "neutral". Con valores menores que 7 son cada vez más ácidas, y con valores mayores que 7 son cada vez más alcalinas. La mayor parte de las aguas caen dentro de un rango aceptable de 6.5 a 8.5. Si el pH es menor que 5.5, puede darse acidosis y una ingesta reducida de alimento en el ganado (Dupchak, 1900).

Para tener una buena calidad de agua se debe limpiar los abrevaderos con regularidad (semanalmente) para mantenerlos en buenas condiciones de higiene. Evitar que el agua se mezcle con las deyecciones de los animales. Si se tienen depósitos acumuladores de agua, atender su mantenimiento limpiarlos por lo menos una vez al año. Además, deberán estar tapados permanentemente. Si las instalaciones lo permiten, equilibrar convenientemente la presión del agua para evitar pérdidas y derramamientos innecesarios y asegurar un flujo correcto de los

abrevaderos. Si el agua no procede de la red pública, realizar periódicamente (anualmente) analíticas de agua para verificar que el agua de bebida no está contaminada (Llena, 2011).

2.8. Métodos de tratamiento del agua

La filtración es un proceso físico que consiste en el paso de una mezcla sólido a fluido (líquido o gas) a través de un medio más o menos poroso, el cual retiene los sólidos permitiendo el paso del fluido. En el proceso de filtración se puede clasificar de acuerdo a:

Material a separar: Filtración convencional, microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa.

Fuerza impulsora: Filtración por gravedad, por presión, por vacío o por centrifugación.

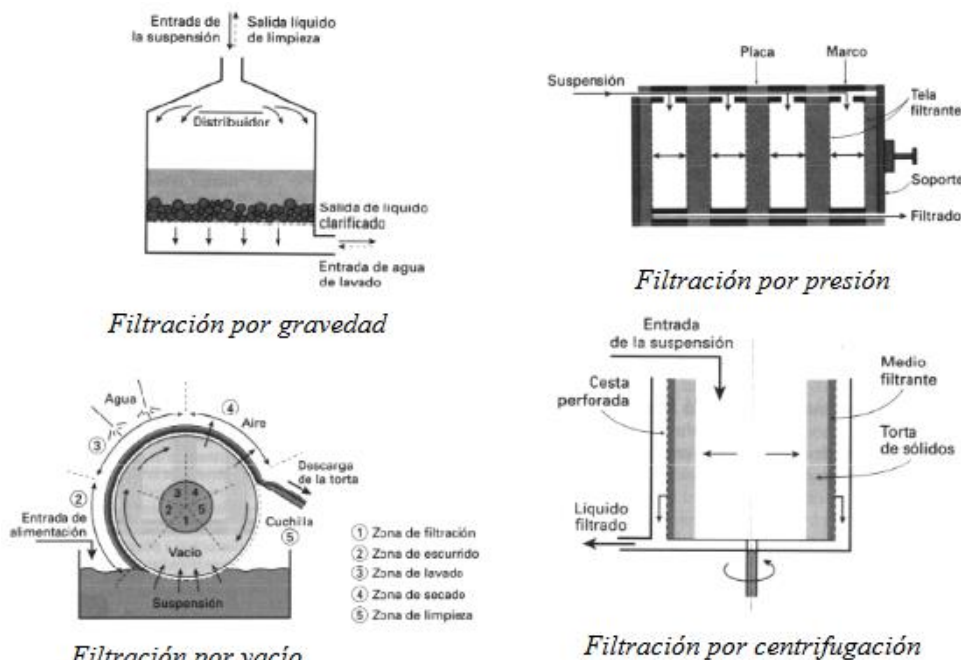


Figura 1. Clasificación de la filtración de acuerdo con la fuerza impulsadora (tomado de Pérez, 2011b).

Mecanismo de retención: Pueden ser: Filtros en superficie (en torta, sobre soporte), cuando las partículas tienen un tamaño suficiente, quedan retenidas en la superficie filtrante, perpendicularmente al flujo del agua. Filtros en profundidad (en volumen, sobre lecho filtrante) cuando las partículas tienen un tamaño pequeño, pueden quedar adsorbidas en el interior de la masa porosa por diferentes mecanismos. Filtros tangenciales, análogos a los filtros en superficie, pero con la diferencia de que el agua circula paralelamente a la superficie de filtración (Pérez, 2011b).

Coagulación-floculación: La coagulación es el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales, que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. Se llama coagulante al producto utilizado para la neutralización. Entre los agentes coagulantes más utilizados por sus características fisicoquímicas, se encuentran la alúmina y el cloruro férrico (Pérez, 2011a). La agrupación de las partículas descargadas, al ponerse en contacto unas con otras, constituye la floculación, que da lugar a la formación de flóculos capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento del agua. Algunos productos pueden favorecer la formación del flóculo; a éstos se les llama floculantes. La separación sólido-líquido, del flóculo formado y del agua, puede hacerse por filtración, por decantación o flotación, seguidas o no de filtración. Con estos procedimientos se consigue la neutralización de los coloides del agua y su adsorción en la superficie de los precipitados formados en el proceso de floculación. También pueden adsorberse sobre el flóculo ciertas sustancias disueltas, materia orgánica, contaminantes diversos (Cabrera *et al.*, 2009).



Figura 2. Proceso de floculación del agua (tomado de Pérez, 2011a).

La osmosis inversa es el proceso en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semipermeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis. El principio de operación es que el solvente pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada a través de una membrana semipermeable, pero al aplicar una presión mayor que la presión osmótica a la solución más concentrada, el solvente comenzara a fluir en el sentido inverso (Vázquez, 2017).

Este método permite remover la mayoría de los sólidos (inorgánicos u orgánicos) disueltos en el agua (99%), remueve los materiales suspendidos y macroorganismos, el sistema de purificación es de forma continua, tecnología simple, que no requiere de mucho mantenimiento, es modular y necesita poco espacio, de acuerdo a los caudales deseados (Moreno, 2011).

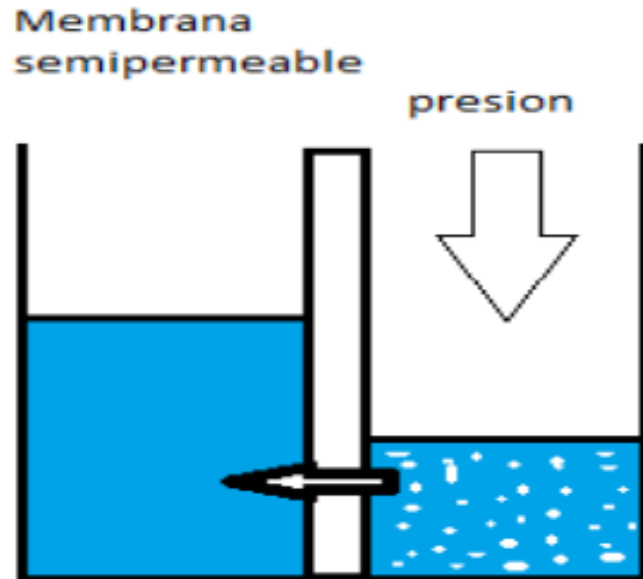


Figura 3. Fenómeno de osmosis inversa (tomado de Moreno, 2011).

El agua se puede desinfectar mediante, cloración: consiste en la administración de cloro al agua para matar las bacterias y otros contaminantes microbianos. Para que sea efectivo, el cloro tiene que estar cierto tiempo en contacto con el agua. Su eficacia se reduce con un pH alto, con temperaturas elevadas y con presencia de materia orgánica. Dióxido de cloro: el dióxido de cloro es también un desinfectante muy efectivo. Además, es menos sensible al pH y a la presencia de materia orgánica que el cloro, sin embargo, el coste de instalación es elevado, aunque el del mantenimiento es bajo. Peróxido de hidrógeno: el peróxido de hidrógeno es un desinfectante muy efectivo y un potente agente oxidante. Reduce la contaminación microbiológica y no aporta ni sabor ni olor al agua, aunque tiene el inconveniente de que necesita dosis elevadas para ser efectivo, por lo que su coste es alto (CONAGUA, 2013).

3. CONCLUSIONES

De acuerdo con la revisión de literatura se llegó a la conclusión que la calidad de agua es un aspecto muy importante para tomar en cuenta en nuestras explotaciones ya que de esto depende que los animales sean productivos y se mantengan sanos, debemos conocer y controlar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo animal y así aplicar el tratamiento adecuado y disponer de un agua adecuada en la explotación. Sería interesante consultar más información acerca de los métodos de tratamiento del agua para aplicarlos a nivel de campo que sea eficaz y rentable para los ganaderos de México ya que es una de las limitantes para su ejecución en las explotaciones ganaderas.

4. LITERATURA CITADA

- Amado, C, M. F. 2018. Determinación bacteriológica de la calidad del agua de consumo humano, regadío y bebida de animales del distrito de Majes, Provincia de Caylloma, departamento de Arequipa, abril-Mayo 2017. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. 1-3.
- Aurazo, Z, M. 2017. Aspectos biológicos de la calidad del agua. En línea https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CEPIS-OPS%202004.%20Tratamiento%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.%20Cap%C3%ADtulo%202.pdf [Fecha de consulta 18 de octubre del 2022].
- Barraque, C. 1979. Manual técnico del agua. En línea <http://www.elaguapotable.com/Manual%20Tecnico%20del%20Agua%20Filtracion%20Degremont.pdf> [Fecha de consulta 18 de octubre del 2022].
- Barrenechea, M, A. 2014. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. En línea <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf> [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022].
- Bonel, J, A., Gazi, A. 1985. Metodo para determinar la calidad del agua para bebida de bovinos y recomendaciones para el ganadero. Rev. Arg. Pro, 4: 45-48.
- Cabrera, B, X., Fleites, R, M., Contreras, M, A. 2009. Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil "desembarco del granma" a escala de laboratorio. Tecnología Química, 29: 64-73.
- Carbajal, A, A., Gonzales, F, M. 2012. Propiedades y funciones biológicas del agua. En línea <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf> [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022].
- Catalán, L, J., Catalán, A, J, M. 1987. Ríos, caracterización y calidad de sus aguas. Autor-Editor. 2da edición.: 130-200.
- CONAGUA, 2013. Desinfección para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento. En línea <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro23.pdf> [Fecha de consulta 25 de octubre del 2022].

- Duarte, E. 2013. Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I) ¿Cuánta agua toma una vaca? En línea https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R139/R_139_52.pdf [Fecha de consulta 19 de octubre del 2022].
- Dupchak, K. 1900. Evaluando la calidad del Agua para el Ganado. En línea <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/evaluando-calidad-agua-ganado-t26024.htm> [Fecha de consulta 20 de octubre del 2020].
- Eliseche, E. 2002. El agua en la producción bovina. En línea https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/243/JB2007_94-96.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Fecha de consulta 20 de octubre del 2022].
- Fernández, C, A. 2012. El agua: un recurso esencial. Química viva, 11: 147-170.
- Fuentes, A, M., Amábile, C, C. F. 2013. El agua en bioquímica y fisiología. Acta Pediátrica de México, 34: 86-95.
- García, J, A. 2012. Calidad del agua de pozos en sistemas de producción pecuaria de tres regiones geomorfológicas del Estado de Nuevo León. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México. 21-25.
- García, T, L. 2011. Agua y su importancia en nutrición. En línea <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/agua-en-la-nutricion-animal-t28705.htm> [Fecha de consulta 19 de octubre del 2022].
- Gray, N. 1994. Calidad del agua potable problemas y soluciones. En línea https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Nitratos_potables.pdf [Fecha de consulta 14 de octubre del 2022].
- Jenkins, D. 2004. Química del agua. Limusa. 1ra edición.: 120-350.
- Lagger, J, R., Mata, H, T., Pechin, G, H., Larrea, A, T., Otrosky, R, N., Cesan, R, O., Cairnier, A, G., Meglia, G, E. 2000a. La importancia de la calidad del agua en la producción lechera. Veterinaria Argentina, 17: 346-354.

Lagger, J. R., Pechin, G. H., Mata, H. T., Larrea, A. T., Meglia, G. E., Cairnie, A. G., Otrosky, R. N. 2000b. Evolución de la calidad del agua en establecimientos de la cuenca lechera de la Pampa. En línea <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/4259/n02a08lagger.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Fecha de consulta 8 de octubre del 2022].

LeChevallier, M. K., Norton, W. D. 1995. Giardia and Cryptosporidium in Raw and Finished Water. Journal of the American Water Works Association, 87: 54-68.

Llena, J. M. 2011. La calidad del agua y sus usos diferentes en ganadería. En línea <https://ganaderia.elika.eus/wp-content/uploads/sites/9/2017/12/ART%C3%8DCULO-AGUA-MAQUETADO-cast.pdf> [Fecha de consulta 20 de octubre del 2022].

Margalef, R. 1983. Limnología. Omega. 1ra edición.: 650-750.

Marín, G. R. 1996. Química, microbiología, tratamiento y control analítico de aguas: una introducción al tema. Servicio de publicaciones, 58: 140-200.

Marín, G. R. 2003. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Diaz de Santos, 2: 23-43.

Marín, G. R. 2008. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. España: EMACSA, 1: 1-38.

Mejía, C. M. R. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis de Postgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 1-3.

Moreno, B. J. A. 2011. Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa dober osmotech de Colombia ITDA. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, Colombia. 25-29.

Novotny, V. 2003. Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management. Wiley and Sons. 2da edición.: 460-580.

- National Research Council. 2001. The nutrient requirement of dairy cattle. National Academy Press, Washington, D.C. 7ma edición.: 220-350.
- Peón, P, J. 2007. El agua, una sustancia tan común como sorprendente. En línea https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/58_3/PDF/04-545.pdf [Fecha de consulta 10 de octubre del 2022].
- Pérez, F, J. 2011a. Abastecimientos de agua. Coagulación y floculación. En línea https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf [Fecha de consulta 24 de octubre del 2022].
- Pérez, F, J. 2011b. Abastecimientos de agua. Filtración. En línea https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6023/mod_resource/content/1/Tema_08_FILTRACION.pdf [Fecha de consulta 24 de octubre del 2022].
- Pineda, M, O. 2019. El consumo de agua por parte de los bovinos. En línea <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/consumo-agua-parte-bovinos-t44660.htm> [Fecha de consulta 19 de octubre del 2022].
- Streble, H., Krauter, D., Rieradevall, S, M. 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Omega. 3ra edición.
- Vázquez, M, M. 2017. Sistemas de tratamiento de aguas mediante osmosis inversa. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. 9-15.
- Vidaurreta, 2015. Calidad y disponibilidad de agua para los bovinos en producción. En línea <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2016/11/calidad-y-disponibilidad-de-agua-para-los-bovinos-en-produccion3b3n-1.pdf> [Fecha de consulta 20 de octubre del 2022].