

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TEMA:

**EFFECTO DEL CONSUMO DE AGUA TRATADA CON HIPOCLORITO DE SODIO Y
DÍOXIDO DE CLORO EN LA FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTO Y SU
IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN BOVINOS.**

POR:

ELIEZER ABISAI WALDO GÓMEZ

TESIS

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México.

Enero 2013.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**EFFECTO DEL CONSUMO DE AGUA TRATADA CON HIPOCLORITO DE SODIO Y
DÍOXIDO DE CLORO EN LA FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTO Y SU
IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN BOVINOS.**

POR:

Eliezer Abisai Waldo Gómez

Tesis que se somete a consideración del H. jurado examinador y aprobada como
requisito parcial para obtener el grado de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Dr. Carlos Leyva Orasma

ASESOR PRINCIPAL

MVZ. Rodrigo Isidro Simón Alonso

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México.

Enero 2013.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA



DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

EFFECTO DEL CONSUMO DE AGUA TRATADA CON HIPOCLORITO DE SODIO Y
DIÓXIDO DE CLORO EN LA FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTO Y SU
IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN BOVINOS.

POR:

ELIEZER ABISAI WALDO GOMEZ

PRESIDENTE:




Dr. Carlos Leyva Orasma

VOCAL:



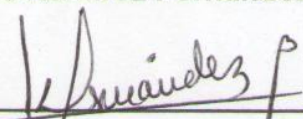
MC. Juan Luis Morales Cruz

VOCAL:



MVZ. Carlos Ramírez Fernández

VOCAL SUPLENTE:



Ph.D. Juan David Hernández Bustamante

Torreón, Coahuila, México.

Enero 2013.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su gran amor y misericordia que muestra cada día en mi vida, que me permite concluir esta etapa de mi vida y sé que sin El nada de esto hubiese sido, que a pesar de las circunstancias difíciles y también en las de gran éxito siempre puedo aprender algo que me ayuda a crecer en conocimiento, gracia y estatura. Por tantas cosas, gracias Señor mío porque ahora eres mi Padre y yo tu hijo; mi espíritu, alma y cuerpo son solo para agradarte a ti.

A mis Padres Felipe Cruz Waldo Hernández y Elizabeth Gómez Cruz porque sin su amor, instrucción y apoyo no sería lo que soy y con el deseo de cumplir los sueños que un día implantaron en mí, no habiéndolo alcanzado ya si no prosigo a la meta. Han dejado un legado que ahora transmitiré a los que vienen detrás, porque un verdadero hijo hace lo que ve hacer del padre y yo quiero ser un reflejo de ustedes y agradecerles con mi vida lo que han hecho por mí.

A Benjamín Manzano Varela y Zenaida Perea Moreno que con su dirección, consejos, oraciones y con su amor han sido de gran bendición a mi vida, gracias por todo y por estar en los momentos aún más difíciles, levantarme y volverme a encausar para el propósito que he nacido, Dios siga siendo por ustedes, a través de ustedes, alrededor de ustedes y en ustedes.

A mi ALMA TERRA MATER por brindarme la oportunidad de ser un Buitre y darme las armas para enfrentar la vida.

A mis Catedráticos que a lo largo de la carrera aportaron valiosas enseñanzas, conocimiento, exhortos y experiencias que me ayudaron a estar más preparado para esta bella profesión que es la Veterinaria.

Al Dr. Carlos Leyva Orasma por su apoyo durante la realización de esta tesis.

Al M.C. Juan Luis Morales Cruz por su apoyo durante la realización de este trabajo y a lo largo de la carrera.

Al M.V.Z. Carlos Ramírez Fernández por su apoyo a lo largo de la realización de este trabajo y por sus valiosas enseñanzas que con su estilo y su vocación dejaron huella.

Al Ph.D. Juan David Hernández Bustamante por su apoyo durante la elaboración de este trabajo.

Al M.C. Horacio Hernández Hernández por su apoyo para la elaboración de este trabajo.

A mis compañeros y amigos de clases Víctor, Emmanuel, José Manuel, José María, Esteban, Zeferino, Jorge, Isaac, Jairo, Lázaro, Antonio, Martin con los cuales pasamos muchas alegrías y tristezas dentro y fuera del salón de clases, gracias amigos.

A mis compañeros de casa que han llegado a ser mis hermanos con los cuales hemos pasado grandes desveladas de estudio y también sin el estudio, fiestas y hambres, deudas y tiempos de abundancia gracias por los 5 años en que más he aprendido a convivir con la gente; gracias Abel, Ismael, Gilmar, Candelario, Otoniel, Josué, Emmanuel, Daniel, Erick, Lisandro.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a **Dios** que me dio la capacidad para terminar esta carrera y a través de este trabajo me dio la sabiduría, gracia y entendimiento para terminarlo, y que todo lo que soy y tengo solo le pertenecen a Él.

Dedicada a mis **Padres** por apoyarme en el sueño que había en mí y darme todo su amor, apoyo, oraciones, economía para alcanzarlo.

Dedicada a mi futura **Esposa** que aún no te conozco pero sé que Dios te ha guardado para mí.

Dedicada a mis **Amigos** por su apoyo en todo momento.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	III
INDICE GENERAL.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS	VII
RESUMEN	IX
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis.....	3
1.2 Objetivos.....	3
II.- REVISION DE LITERATURA	4
2.1 FUNCION DEL AGUA EN LOS BOVINOS LECHEROS.	4
2.1.1 PERDIDAS DE AGUA (BALANCE HÍDRICO).....	5
2.1.2 NECESIDADES DE AGUA.....	6
2.1.3 Usos del agua en el organismo.	7
2.2 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA EN BOVINOS LECHEROS.....	8
2.3 LIMITES PERMISIBLES PARA AGUA DE USO Y CONSUMO HUMANO NOM-127-SSA1-1994.....	9
2.3.1 Límites permisibles de características bacteriológicas.	9
2.3.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.10	
2.3.3 Límites permisibles de características químicas.	10
2.3.4 Límites permisibles de características radiactivas.....	12
2.4 CLASIFICACION DE LAS AGUAS.	13
2.4.1 Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	13
2.4.2 Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la Demanda Química de Oxígeno (DQO).	14
2.4.4 Escala de clasificacion de la calidad del agua conforme a su carga de Total de Solidos Disueltos (TDS).....	15
2.4.4.1 Definición de dureza.....	15
2.4.4.2 Clasificación del agua.....	16

2.5 CARACTERISTICAS ADECUADAS DEL AGUA DE BEBIDA EN BOVINOS LECHEROS.....	16
2.6 PROBLEMAS POR INGESTIÓN DE AGUA DE MALA CALIDAD EN BOVINOS LECHEROS.....	20
2.7 CALIDAD DEL AGUA DE LA COMARCA LAGUNERA.....	23
2.8 TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.	23
2.8.1 LA DISMINUCIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL AGUA. .	24
2.8.1.1 Cloro.....	24
2.8.1.2 La luz ultravioleta.....	24
2.8.2 LA DISMINUCIÓN DE NITRATOS, SULFATOS Y MINERALES EN EL AGUA.....	25
2.8.2.1 Destilación.....	25
2.8.2.2 La ósmosis inversa.....	25
2.8.2.3 El sistema de intercambio de iones.	25
2.8.3 DIOXIDO DE CLORO.....	26
2.9 DIOXIDO DE CLORO.....	27
2.9.1 HISTORIA DEL DIOXIDO DE CLORO.....	27
2.9.2 USO DEL DIOXIDO DE CLORO A NIVEL INDUSTRIAL Y GANADERO.....	27
2.9.3 EFECTOS DEL DIOXIDO DE CLORO EN AGUA TRATADA CONSUMIDA POR EL GANADO.....	28
2.9.3.1 Oxidación de compuestos orgánicos.....	28
2.9.3.2 Compuestos fenólicos.	29
2.9.3.3 Aminas secundarias y terciarias no protonadas.	30
2.9.3.4 Compuestos organosulfurados.....	30
2.9.3.5 Heterociclos nitrogenados.	32
2.9.3.6 No generación de Trihalometanos.....	32
2.10 EL HIPOCLORITO DE SODIO.	36
2.11 CALIDAD DEL AGUA EN EL EXPERIMENTO.....	37
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 DESCRIPCION DEL ÁREA DE TRABAJO.....	39
3.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	40

3.3 MATERIALES UTILIZADOS.....	42
3.4 VARIABLES ANALIZADAS EN EL EXPERIMENTO	46
3.5 FORMA DE MEDICIÓN.....	46
3.5 ANÀLISIS ESTADÍSTICO.....	46
4.1 PRODUCCIÒN LÀCTEA.	47
4.2 FRECUENCIA Y TIEMPO DE ALIMENTACIÒN.....	49
4.3 TOMAS DE AGUA Y TIEMPO BEBIENDO	51
V.- DISCUSIÒN.	53
VI.- CONCLUSIONES.....	55
VII.- RECOMENDACIONES.	55
VIII.- LITERATURA CITADA.....	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Necesidades de agua.	6
Figura 2. Usos del agua	7
Figura 3. Vista satelital del Establo Los Compadres lugar donde se efectuó la investigación (Google earth).....	39
Figura 4. Limpieza y desinfección de la pila con el producto Vigoroso ...	42
Figura 5. Desinfección de la pila con alcohol etílico al 90%.....	43
Figura 6. Aplicación de Recubrimiento Hidráulico Negro.	43
Figura 7. Aplicación del Recubrimiento epòxico impermeable.	44
Figura 8. Finalización de la primera etapa del experimento	45
Figura 9. Dosificador de Dióxido de cloro.	45

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Índice de temperatura y humedad (THI1) para vacas lecheras.	5
TABLA 2. Límites permisibles de características bacteriológicas.	9
TABLA 3. Límites permisibles de características físicas y organolépticas.	10
TABLA 4. Límites permisibles de características químicas.....	12
TABLA 5. Límites permisibles de características radiactivas.	12
TABLA 6. Clasificación de la calidad del agua DBO5.	13
TABLA 7. Clasificación de la calidad del agua DQO.....	14
TABLA 8. Clasificación de la calidad del agua conforme a su carga bacteriológica.....	15
TABLA 9. Índice de dureza del agua.....	16
TABLA 10. Parámetros y tolerancia que definen la aptitud del agua para consumo animal.....	19
TABLA 11. Opciones de tratamiento de agua asociados a los contaminantes del agua.....	26
TABLA 12. Efectos del ClO ₂ en el tratamiento del agua potable.	26
TABLA 13. Resultados obtenidos del agua del establo.	37
TABLA 14. Distribución de los grupos experimentales, el tratamiento de los bebederos y del agua.....	41

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. Promedio de producción láctea por día.	47
GRAFICA 2. Promedio de producción durante periodo de observación.	48
GRAFICA 3. Promedio de frecuencia de consumo de alimento.	49
GRAFICA 4. Promedio de tiempo de consumo de alimento de alimento.	50
GRAFICA 5. Promedio de frecuencia de consumo de agua.	51
GRAFICA 6. Promedio de tiempo de consumo diario de agua.	52

RESUMEN

Efecto del consumo de agua tratada con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro en la frecuencia de consumo de alimento y su impacto en la producción láctea en bovinos.

Por:

Eliezer Abisai Waldo Gómez.

La investigación se realizó en un establo lechero ubicado en la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo de la Comarca Lagunera. Se utilizaron 16 vacas que se distribuyeron en 2 grupos; el grupo #1 al cual se le proporciono agua tratada con dióxido de cloro e hipoclorito de sodio en una concentración de 10 ppm ad libitum y el grupo #2 al cual se le proporciono agua sin tratamiento directo del pozo del establo.

El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de un agua tratada y mejorada en sus características organolépticas, físicas y bacteriológicas en el comportamiento y actividades fisiológicas del ganado bovino lechero. El agua es un elemento importante primeramente para la vida ya que es un componente de mayor presencia en el organismo y en cada una de las funciones fisiológicas juega un papel importante desde un solvente hasta un amortiguador de temperatura y siendo el resultado también de diversos procesos metabólicos, constituyendo el 55 a 60% del peso corporal de una vaca, además constituye el 87% de la leche que es un producto importante hablando de bovinos lecheros. Además que es un elemento que permite mantener el estado de confort del ganado en ambientes cálidos y húmedos que es influyente para la producción láctea.

El siguiente trabajo fue realizado en relación del agua tratada dentro de una explotación y agua sin tratamiento que es administrada al resto de los animales.

En esta investigación de acuerdo a los resultados obtenidos, el consumo de agua tratada con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro por vacas Holstein lactantes aumenta significativamente la producción de leche y que cuando el bovino lactante consume agua tratada con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro, estimula significativamente la frecuencia y el tiempo de tomas de agua para sus procesos fisiológicos que puede tener un efecto positivo sobre la producción y una tendencia de aumentar el consumo de alimento.

Palabras clave: agua tratada, vacas Holstein, hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, leche.

I.- INTRODUCCIÓN

Los animales utilizan el agua para su nutrición y crecimiento, y la obtienen de tres fuentes: la contenida en el alimento, la que se produce durante el proceso de asimilación de los mismos, y el agua de bebida.

El agua es el nutriente más esencial para la nutrición del ganado y debe tenerse en cuenta su gran importancia. El agua de bebida tiene que ser potable y no contener sustancias nocivas además de estar fácilmente disponible para los animales (Bontempo y Savoini, 2009).

Desde el punto de vista físico, el agua actúa en el animal como un amortiguador entre su propia temperatura y el medio ambiente. Desde el punto de vista nutricional, se comporta como un solvente universal. El agua favorece el ablandamiento y fermentación de los alimentos, permitiendo su asimilación y la excreción de orina y heces.

La salinidad adecuada del agua, puede hacer una buena contribución al consumo de minerales por parte del animal, alcanzando valores en bovinos del orden del 20% para el calcio (Ca), 11% para el magnesio (Mg), 35% para el sodio (Na), 28% para el azufre (S).

El principal constituyente celular, formando parte de más de la mitad del peso del animal es el agua. Así, por ejemplo, el $54.6 \pm 1.8\%$ del peso corporal de una oveja es agua y una vaca contiene 55-60% de agua (Cseh, 2003).

Las vacas en lactancia demandan gran cantidad de agua en la relación a su peso vivo y al nivel de producción, dada la gran participación del agua (87%) como principal constituyente de la leche.

Para asegurar la sanidad animal, es fundamental considerar por un lado a elementos presentes en el agua en su rol de minerales y por otro, prestar especial atención a ciertos elementos que se presentan ante condiciones de contaminación, como son el arsénico y los nitratos (Herrero y Maldonado, 2000).

Un nutriente de mucha importancia durante los períodos de stress calórico es el agua. Sus propiedades físicas, conductividad del calor, y calor latente de evaporación, son fundamentales para transferir el calor del cuerpo del animal al medio ambiente. El consumo de materia seca del ganado lechero es afectado cuando la temperatura ambiente se encuentra fuera de la “zona de confort” de la vaca 41 a 68 °F (5 a 20° C). Cuando la temperatura ambiente aumenta por encima de los 68 °F (20° C) el consumo de materia seca disminuye, de 20 a 30°C hasta un 55% de humedad relativa sin estrés calórico. Ensayos recientes de investigación sugieren que el consumo de materia seca puede disminuir en 0.17 libras (77gr.) por cada grado de temperatura por encima de los 68 °F (20° C). Sin embargo, durante un stress calórico severo, el consumo total y la producción de leche pueden disminuir en más de un 25%. Se puede estimar que por cada libra (453 gr.) de disminución en el consumo de materia seca se pierden dos libras (907 gr.) en producción de leche. De acuerdo con los Requerimientos Nutricionales del Ganado Lechero (NRC, 2001), el stress calórico induce cambios de comportamiento y metabólicos en el ganado. Algunos cambios tales como por ejemplo el jadeo, pueden en realidad aumentar la producción de calor. Otros, tales como la reducción en el consumo de materia seca, consumo selectivo (alimentos con una mayor densidad energética), reducción de la actividad, reducción del metabolismo, y estrategias de enfriamiento, reducen la producción de calor (García, 2004).

Por ello que debemos ofrecer agua de una mejor calidad y fresca para evitar pérdidas significativas en la producción láctea, perdidas económicas a través de problemas metabólicos, que se pueden prevenir importantemente a través de un agua de mejor calidad ya que esta juega un papel importante en todos los procesos e influye en un alto porcentaje para obtener mejores resultados productivos y de salud animal.

1.1 Hipótesis.

El tratamiento de agua con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro tienen un efecto positivo, sobre la frecuencia de ingestión de agua, alimento y la producción láctea en vacas Holstein.

1.2 Objetivos.

Valorar el efecto de consumo de agua tratada con el hipoclorito de sodio y dióxido de cloro sobre la producción láctea y frecuencia de consumo de alimento y agua en vacas Holstein en un establo de la Comarca Lagunera.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 FUNCIÓN DEL AGUA EN LOS BOVINOS LECHEROS.

El consumo de agua tiene un papel importante ya que es un elemento fundamental para la vida. Es el componente más importante de los organismos vivos constituyendo la mayor parte de los organismos vivos, y la mayor parte del peso (dos terceras partes de la masa corporal) y participa en infinidad de reacciones y procesos vitales internos. El agua no es vital por sí misma, sino que también puede proporcionar minerales y cubrir parte de los requerimientos de Ca, Na, Mg, S, entre otros (Flores y Rochinotti, 2007).

Desde el punto de vista nutricional, se comporta como un solvente universal. El agua favorece el ablandamiento y fermentación de los alimentos, permitiendo su asimilación y la excreción de orina y heces (Cseh, 2003).

Las funciones de digestión, absorción, metabolismo, transporte, secreción, excreción, reproducción, lubricación de articulaciones, regulación de temperatura y producción láctea tienen como protagonista principal al agua (Herrero, 2003).

A medida que la temperatura aumenta de 86 a 95 °F (30 a 35° C), el consumo de agua aumenta de 21 a 32 galones (95.467 a 145.474 litros). Si las vacas tienen acceso a un corral al aire libre, es muy importante que el agua esté cerca de la sombra y del comedero con el alimento. Las vacas lecheras de alta producción tienen en general una mayor susceptibilidad a sufrir stress calórico ya que generan más calor como resultado de su mayor ingesta de alimento y por lo tanto van a requerir más agua de bebida. El agua debe ser fresca, limpia y libre de contaminantes. Si está usando agua de pozo asegúrese de haberla analizado, para determinar si es de calidad adecuada para su ganado. Trate de evitar el uso de lagunas de abrevado para agua de bebida de las vacas que están en lotes al aire libre o en la pastura. No sólo representa

esto un riesgo para la salud del ganado debido a la calidad del agua (García, 2004).

Grados F	Humedad relativa																					
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
75															72	72	73	73	74	74	75	75
80		Sin stress					72	72	73	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	79	80	80
85		72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	81	82	83	84	84	85	85
90	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	90
95	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	95
100	77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99	99	99
105	79	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97							
110	81	83	84	86	87	89	90	91	93	94	96	97										
115	84	85	87	88	90	91	93	95	96	87												
120	88	88	89	91	93	94	96	98														

Stress leve
Stress medio
Stress severo

$$1\text{THI} = (\text{Temp. del bulbo del termómetro, } ^\circ\text{C}) + (0.36 \text{ punto de rocío Temp. } ^\circ\text{C}) + 41.2)$$

TABLA 1. Índice de temperatura y humedad (THI1) para vacas lecheras. Modificado del Dr. Frank Wierama (1990), Department of Agricultural Engineering, University of Arizona, Tucson.

2.1.1 PERDIDAS DE AGUA (BALANCE HÍDRICO).

El agua es perdida del cuerpo constantemente en el aire respirado, por evaporación de la piel y periódicamente por excreción en la orina y las heces. El agua excretada en la orina actúa como un solvente para productos excretorios eliminados a través de los riñones. La orina contiene mayormente productos de la descomposición de las proteínas (urea en mamíferos, ácido úrico en aves) y minerales. La urea en una solución concentrada acuosa es toxica para los tejidos. En la orina la urea es diluida por el agua a concentraciones menos dañinas y es finalmente eliminada por la orina (en fallos renales crónico, en pacientes no dializados, esta, la urea, se convierte en un veneno para dicho paciente).

La pérdida fecal de agua son considerablemente más altas en rumiantes que en otras especies, siendo casi igual a la perdida urinaria, mientras que en el humano la perdida fecal de agua es de solo cerca de

7-10% de agua de la que se pierde en la orina. El ganado que consume dietas fibrosas excreta heces con un 68-80% de agua. Las heces de ovejas, en forma de pellet, contienen 50-60% de agua. La pérdida de agua en las heces de rumiantes son pequeñas comparadas con la gran cantidad de agua secretada dentro del tracto digestivo a través de la saliva y los jugos digestivos. Esto puede ser explicado por el hecho de que gran parte del agua secretada dentro del tracto es reabsorbida. En las diarreas se pierde gran cantidad de agua y electrolitos en las heces (García, 2011).

2.1.2 NECESIDADES DE AGUA.

La necesidad de agua es el resultado de un incremento en la concentración de electrolitos en los fluidos corporales, los cuales activan el mecanismo de la sed. El ciclo del agua de los animales mayores lo representamos en el siguiente esquema, grandes cantidades de agua están envueltas en el ciclo diario, pero el consumo de agua puede estar comparativamente limitado debido a la reabsorción de agua en el extenso tracto digestivo (García 2011).

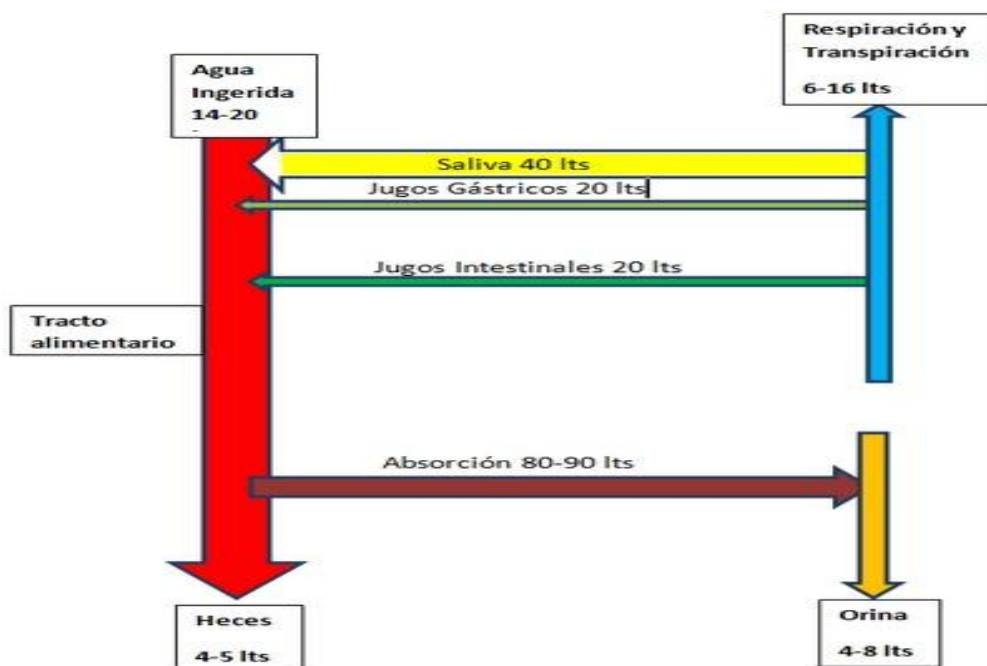


Figura 1. Necesidades de agua.

2.1.3 Usos del agua en el organismo.

Los animales utilizan el agua para su nutrición y crecimiento, y la obtienen de diversas fuentes: la contenida en el alimento, la que se produce durante el proceso de asimilación de los mismos, por término general la oxidación de 1 g de proteína genera 0,4 g de agua, la de 1g de hidratos de carbono generaría 0,6 g de agua y la de 1 g de lípidos genera 1,1 g de agua.

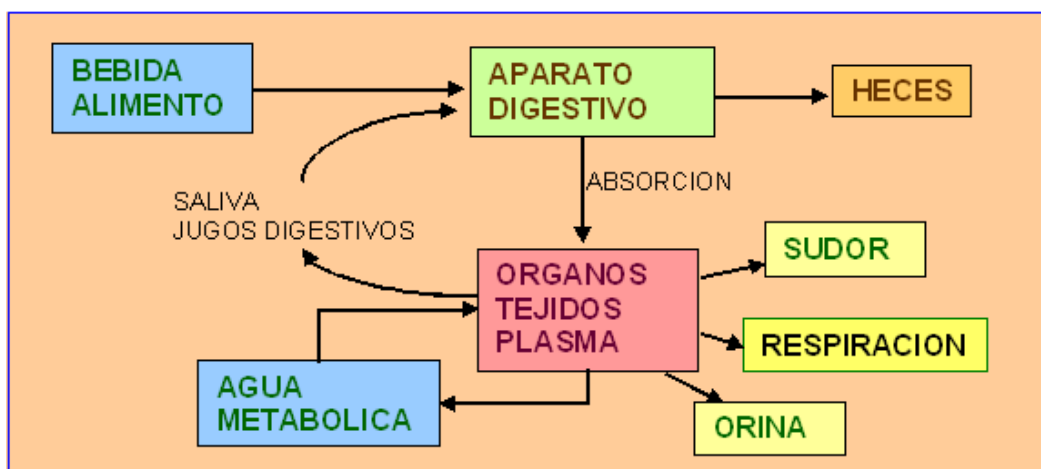


Figura 2. Usos del agua

Las principales funciones del agua en relación con la nutrición son las siguientes:

- Es solvente de numerosos compuestos.
- En la digestión participa en la hidrólisis de los principios inmediatos: proteínas, grasas, carbohidratos.
- Interviene en la absorción de los nutrientes.
- Participa en el transporte de metabolitos.
- Sirve de vehículo para la excreción de productos de desecho.
- Regula la temperatura corporal en base a la gran cantidad de agua que tienen los organismos, el elevado calor específico y el elevado calor de vaporización del agua.

En general, los requerimientos de agua por unidad de peso corporal disminuyen con la edad. Un bovino adulto consume entre un 8-10% de su peso en agua. Una vaca lechera puede consumir entre 38 y 110 litros de agua por día, un bovino para carne de 26 a 66 l/d, y una oveja de 4 a 15 l/d. las hembras preñadas consumen más agua que las vacías, y las lactantes más que las secas (Sager, 2000).

2.2 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA EN BOVINOS LECHEROS.

Los factores que determinan la necesidad e ingestión diaria de agua incluyen el estado fisiológico (las hembras preñadas consumen más agua que las vacías y las lactantes más que las secas), la aptitud (mientras una vaca lechera puede beber hasta 160 litros de agua por día, un bovino de carne ingiere unos 55 litros al día), la producción de leche, la ingesta de materia seca, el peso vivo del animal, el grado de actividad, la composición de la dieta (en general, todos los forrajes secos y concentrados demandan un mayor consumo de agua por parte del animal que los forrajes verdes), la temperatura ambiental (a medida que se incrementa la temperatura ambiente aumentan los requerimientos de agua en los animales entre un 30 y un 60%) y otros factores ambientales (humedad y velocidad del viento). Otros elementos que afectan de una manera particular al agua consumida incluyen la salinidad de la misma y su contenido de sulfatos y cloruros, el contenido de sodio de la dieta, la temperatura del agua, la accesibilidad al agua, factores sociales y otros parámetros de calidad como el pH y tóxicos disueltos (Jiménez, 2006).

Aguas de buena calidad son esenciales para tener sistemas de producción de buena calidad. El agua, si posee una salinidad adecuada, puede hacer una buena contribución al aporte de minerales que necesita el animal favoreciendo su nutrición y su crecimiento. Pero si el contenido de sales excede las necesidades el efecto puede ser altamente nocivo

pudiendo provocar en los casos más extremos la muerte del animal (Cantón et al., 2006).

La ingesta de agua de baja calidad determina pérdida de estado en los animales, falta de apetito, trastornos digestivos, reducción en la producción láctea, alteración en la reproducción y en los casos más extremos hasta la muerte (Cseh, 2003).

El agua de salinidad media (2000-3000 mg/l) puede ser excelente para consumo de bovinos lecheros y de engorda (Sager, 2001).

El peso final, la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de agua, el consumo de materia seca y ganancia de peso/ alimento se redujo a medida que incremento en el total de solidos disueltos (TDS) en aumento y la concentración de sulfatos en el agua (Patterson et al., 2003).

2.3 LIMITES PERMISIBLES PARA AGUA DE USO Y CONSUMO HUMANO NOM-127-SSA1-1994.

2.3.1 Límites permisibles de características bacteriológicas.

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml 2 UFC/100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

TABLA 2. Límites permisibles de características bacteriológicas.

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

2.3.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 3.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

TABLA 3. Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

2.3.3 Límites permisibles de características químicas.

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05

Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN-)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l: Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03

Metoxicloro	20.00
2,4 - D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO ₄ =)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

TABLA 4. Límites permisibles de características químicas.

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos (NOM-127-SSA1-1994).

2.3.4 Límites permisibles de características radiactivas

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 5. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Radiactividad alfa global	0.1
Radiactividad beta global	1.0

TABLA 5. Límites permisibles de características radiactivas.
(NOM-127-SSA1-1994).

2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS.

2.4.1 Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

DBO5	Criterio Descripción
menor o igual a 6 mg/L	No contaminada. Típico de aguas naturales.
mayor a 6 mg/L y menor o igual a 30 mg/L	Buena calidad. Con baja concentración de materia orgánica o presencia de agua municipal tratada con procesos biológicos.
mayor a 30 mg/L y menor o igual a 120 mg/L	Con indicio de contaminación. Presencia de agua municipal sedimentada o de industria poco contaminante.
mayor a 120 mg/L	Contaminada Presencia de agua residual municipal cruda o de industria contaminante

TABLA 6. Clasificación de la calidad del agua DBO5.

Fuente: CONAGUA, 2004.

2.4.2 Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

DQO	Criterio	Descripción
menor o igual a 20 mg/L	No contaminada	Típico de aguas naturales.
mayor a 20 mg/L y menor o igual a 100 mg/L	Buena calidad	Aguas con materia orgánica.
mayor a 100 mg/L y menor o igual a 250 mg/L	Con indicio de contaminación	Presencia de agua residual, principalmente urbana.
mayor a 250 mg/L y menor o igual a 500 mg/L	Contaminada	Presencia de agua residual con concentración débil de materia orgánica.
mayor a 500 mg/L y menor o igual a 1 000 mg/L	Muy contaminada	Presencia de agua residual con concentración media de materia orgánica.
mayor a 1 000 mg/L	Fuertemente contaminada	Presencia de agua residual con concentración alta de materia orgánica.

TABLA 7. Clasificación de la calidad del agua DQO.

Fuente: CONAGUA, 2004.

2.4.3 Escala de clasificación de la calidad del agua conforme a su carga Bacteriológica.

Condición bacteriológica		Número más probable de microorganismos por cada 100 mililitros de agua de mar	
		Coniformes fecales	Enterococos
S	Sin riesgo	0 a 200	0 a 40
A	Aceptable	201 a 500	41 a 200
N	No recomendable	501 a 1 000	201 a 500
R	Con riesgo sanitario	más de 1 000	más de 500

TABLA 8. Clasificación de la calidad del agua conforme a su carga bacteriológica.

Fuente: SEMARNAT, 2008.

2.4.4 Escala de clasificación de la calidad del agua conforme a su carga de Total de Sólidos Disueltos (TDS).

2.4.4.1 Definición de dureza.

La dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad del agua. Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espuma de detergentes en contacto con agua y representa una serie de problemas de incrustación en equipo industrial y doméstico, además de resultar nociva para consumo humano.

2.4.4.2 Clasificación del agua.

De acuerdo a la concentración de carbonatos contenidos en el agua, esta puede clasificarse en niveles de dureza, la siguiente tabla indica las cantidades de sales.

Denominación	ppm de CaCO ₃
Muy suaves	0-15
Suaves	16-75
Medias	76- 150
Duras	150-300
Muy duras	Mayor a 300

TABLA 9. Índice de dureza del agua.

(SEMARNAT, 2008).

2.5 CARACTERÍSTICAS ADECUADAS DEL AGUA DE BEBIDA EN BOVINOS LECHEROS.

Para determinar la calidad del agua en una explotación animal podemos utilizar tres criterios: los parámetros microbiológicos y los parámetros químicos, que inciden directamente sobre la salud, y los parámetros organolépticos.

Los parámetros químicos fundamentalmente valoran el conjunto de minerales disueltos en el agua, éstos forman el denominado “total de sólidos disueltos” (TDS). Un agua de excelente calidad es aquella que tiene un TDS inferior a 1000 ppm.

Los parámetros organolépticos (entre los que encontramos el olor, el color, el sabor y la turbidez del agua) delatan, rápidamente, la

existencia de fluctuaciones en la calidad del agua; estas variaciones pueden indicar que llega contaminada, que el tratamiento que recibe es insuficiente, o que algunas sustancias se incorporan al agua a su paso por las conducciones.

Total de sólidos disueltos: Resulta difícil fijar los límites en cuanto al contenido en sales para los bóvidos, porque dependerá del tipo de producción. El total de sólidos disueltos es la suma de las concentraciones de todo lo disuelto en el agua. En general, la salinidad del agua es uno de los factores que determinan si una fuente de agua es apropiada para el ganado. La mayoría de las sales disueltas en el agua son compuestos inorgánicos, como sulfatos, cloruros, carbonatos y 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. La alta salinidad limita el consumo de agua y, como consecuencia, el de materia seca de alimentos de alta calidad, aumenta la velocidad de tránsito gastrointestinal haciendo menos eficiente la utilización de los nutrientes, y aporta exceso de sales, como los sulfatos, que pueden alterar la absorción de minerales (Cu, Zn), retardar el crecimiento y la disponibilidad de energía de la dieta (Jiménez, 2006).

Los principales factores que determinan la calidad del agua son: características organolépticas (olor y sabor), ya que pueden generar reducciones en el consumo de agua; características físico- químicas (pH, sales totales, dureza); presencia de sustancias químicas (nitratos, sulfatos, sodio, minerales en general) que si están presentes en exceso, pueden llegar a ser perjudiciales para la salud; compuestos tóxicos (arsénico, cianuro, plomo, residuos clorados y fosforados); y microorganismos (bacterias) o parásitos (Flores y Rochinotti, 2007).

La calidad química del agua exige la mínima cantidad de sales disueltas y ausencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos, sin embargo en la naturaleza por la gran capacidad de solvente que tiene el agua incorpora elementos a medida que avanza en su ciclo. Algunos de los elementos incorporados le confieren propiedades de alimento, dado que es una fuente muy importante de Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca). Los parámetros que aportan a la calidad son Sales Totales o Residuos Secos, Cloruros, Carbonato, Bicarbonato, Sulfatos, Na, K, Ca, Mg, Flúor (F) y Arsénico (As), estos dos últimos participan en muy pequeñas proporciones pero por la magnitud del efecto son limitantes por sí mismo (Sager, 2008).

Los niveles de sales que se consideran permisibles para agua de bebida en el ganado son de 2000-3000 mg/l (Flores y Rochinotti, 2007).

Cloruros:

Cuando la sal mayoritariamente en el agua es el cloruro de sodio le da sabor salado que las hace apetecibles para el rumiante, siempre que esté en los límites tolerables no más de 800mg de Na/l , no más de 3000 a 4000 mg de NaCl, KCl, CaCl y MgCl /l.

Dureza:

La dureza del agua de bebida varía entre 10 mg/l y 500 mg/l. Su control es importante porque la precipitación de estas sales puede producir obstrucciones del sistema de distribución de agua y porque altos niveles de calcio, magnesio o hierro pueden inactivar ciertos nutrientes y medicamentos.

pH:

Es el grado de acidez o alcalinidad del agua y depende de la estructura geológica de los suelos que atraviesa, normalmente el pH de las aguas naturales se sitúa entre 6 y 9. El pH es un parámetro

instantáneo, que se puede medir sobre el terreno por comparación de tiras colorimétricas con una escala de referencia. El pH del agua de bebida debe oscilar entre 6,5 y 8,5.

Hierro: El límite debería estar en 300 µg/l.

Nitratos y Nitritos:

Estos compuestos nitrogenados indican la presencia de contaminación bacteriana o de fertilizantes nitrogenados en el agua. Los nitratos (NO₃⁻) en el agua subterránea se hallan frecuentemente asociados a procesos de intensificación de los sistemas agropecuarios.

Los niveles máximos aceptados son para nitratos + nitritos 100 mg/l y para nitritos solos 10 mg/l, puesto que éstos son diez veces más tóxicos (Jiménez, 2006).

Magnesio:

El Mg le da al agua características de dureza y un típico sabor amargo, haciendo al agua poco palatable. Para ovejas adultas y secas, se aceptan valores de hasta 500 mg/l. Para las vacas lecheras los límites máximos son de 250 mg/l, para los terneros destetados 400 mg/l y para vacunos adultos 500 mg/l (Cseh, 2003).

Arsénico menos de 0.2 ppm/l y Flúor menos de 1.5 ppm/l de agua (Sager, 2008).

El agua puede contener bacterias (*Salmonella spp*, *Vibrio cholerae*, *Leptospira spp*, *Clostridium* y *Escherichia Coli*), virus, protozoos y huevos de parásitos. Como recomendación general, 100 ml de agua deben contener <10.000 bacterias totales, <1 coliformes totales y 3-30 streptococos fecales. Un recuento de bacterias coliformes por encima de 1/100 ml puede causar diarrea en terneros, mientras que recuentos superiores a 15-20/100 ml pueden ocasionar diarrea y disminución de la ingesta en animales adultos (Jiménez, 2006).

Parámetro	Límite máximo
pH	6,5- 8,5
Total de Sólidos disueltos	(mg/l) 7000
Cloruro de sodio	(mg/l) 7000
Cloruro de magnesio	(mg/l) 2000
Nitratos	(mg/l) 100
Sulfatos	(mg/l) 300

TABLA 10. Parámetros y tolerancia que definen la aptitud del agua para consumo animal. (NRC, 2001).

2.6 PROBLEMAS POR INGESTIÓN DE AGUA DE MALA CALIDAD EN BOVINOS LECHEROS.

Si el total de sólidos disueltos en el agua se encuentra entre los 3000-5000 mg/l causarían diarreas leves y generar rechazo al principio pero pueden acostumbrarse. Dentro de las sales presentes en el agua, los excesos de sulfatos y cloruros son las más perjudiciales para la salud animal.

Sulfatos:

Son sales que, de encontrarse en exceso, causan más daño al hato. El efecto negativo de estas, principalmente por la presencia de sulfatos de sodio y magnesio, está dada por su propiedad de laxante, además del rechazo a consumirlas por el gusto amargo y desagradable que poseen estas aguas. En consecuencia, los animales que estén obligados a consumirlas, si es que son su única alternativa, sufren pérdida de peso, diarreas y problemas respiratorios. Además se le suma la reducción de la disponibilidad de cobre que provoca la presencia de

sulfatos, ya que estos se unen al cobre y, en combinación con molibdeno (presente en las pasturas), forman complejos insolubles que no pueden absorberse en rumen y son eliminados por heces. De esta manera, se origina una hipocuprosis secundaria y provoca problemas carenciales de cobre (Flores y Rochinotti, 2007).

Dureza:

Básicamente, la dureza permite evaluar la capacidad de un agua para reaccionar ante un jabón. Este parámetro hace referencia, principalmente, a las concentraciones de sales de calcio y magnesio (agua con más de 120 mg/l de CaCO₃ es considerada dura y si supera los 500 mg/l puede tener un efecto laxante). Otros elementos como hierro, zinc, aluminio y manganeso pueden contribuir a la dureza del agua y originar problemas de palatabilidad e, incluso, de toxicidad cuando aparecen en grandes cantidades.

pH:

Un pH inferior a 5.5 puede producir acidosis y reducción de la ingesta de alimentos. Valores elevados debilitan el efecto de la cloración del agua, mientras que niveles de pH bajos pueden ser la causa de la precipitación de ciertos medicamentos administrados en el agua. Por otra parte, niveles de pH menores de 6,5 o superiores a 8,5 pueden causar corrosión del sistema de distribución del agua, favoreciendo la contaminación del agua de bebida con metales tales como el hierro, el cobre, el plomo o el cadmio.

Hierro:

Concentraciones muy inferiores de hierro incrementan la coloración de la carne en los terneros de cebo. Otros problemas ocasionados por la presencia de hierro en exceso son alteraciones en el sabor de la leche, reducción en la ingesta de agua y disminución de la producción en vacas lecheras, desactivación de ciertos medicamentos (oxitetraciclina).

Además, puede propiciar el crecimiento de ciertas bacterias en las conducciones de agua lo que provoca la aparición de olores fétidos y el taponamiento de estos sistemas.

Nitratos y Nitritos:

Las vacas pueden usar los nitratos como fuente de nitrógeno en el rumen para la síntesis de proteína microbiana, y pueden transformarlos en nitritos que reaccionan con la hemoglobina formando metahemoglobina, perdiendo la sangre su capacidad para transportar oxígeno. Si el aporte de estas sustancias en el agua es elevado, deberemos tener en cuenta que forrajes con altos niveles de nitratos pueden contribuir a la toxicidad (Jiménez, 2006).

Magnesio:

Altas concentraciones de Mg provocan diarrea, porque forma con el $\text{SO}_4^{=}$ la sal de Epsom que tiene efectos laxo purgantes (Cseh, 2003).

La eficiencia alimenticia, expresado como ganancia / alimento, disminuyó linealmente al aumentar el contenido de sulfato de agua. En promedio, por cada 100 mg / L de sulfatos aumentados en la concentración del agua, la eficiencia alimenticia disminuyó en $0,002 \pm 0,001$ kg /kg. El efecto de la concentración de sulfatos en el agua en la eficiencia de la alimentación varió entre períodos. Típicamente, los animales que recibieron el agua con una concentración más baja de sulfatos tuvo más eficiencia alimenticia al principio del estudio, mientras que los animales que recibieron el agua con más sulfatos y tenían mejor alimento, la eficiencia se obtuvo más tarde en el estudio (Loneragan et al., 2001).

2.7 CALIDAD DEL AGUA DE LA COMARCA LAGUNERA.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional del Agua (2004) señalan: La calidad del agua contenida por el acuífero "Principal-Región Lagunera" presenta fuertes variaciones en el área: su salinidad total varía entre 200 y más de 3 600 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos (STD).

La SEMARNAT y la CONAGUA (2004) han afirmado que el acuífero principal de la Región Lagunera es uno de los 188 que están calificados en peligro, ya que se extraen aproximadamente mil millones de metros cúbicos y sólo se recargan de forma natural alrededor de quinientos millones (Balderas y Gómez, 2009).

Se ha encontrado en una muestra representativa de pozos del acuífero que en términos generales el arsénico se encuentra entre 0.015 y 0.025 microgramos por litro de agua, mientras que en algunos pozos es superior. La presencia de arsénico fue confirmada en un alto porcentaje en casi el 25% de los pozos, rebasándose los 0.04 mg/l, límite establecido en la norma para 2002; además, se ha detectado que el arsénico es una causal de cáncer (Leal y Gelover, 2002).

Se ha investigado este fenómeno en la región y coinciden en afirmar que una de las causas de arsénico en el agua se debe a la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos (Balderas y Gómez, 2009).

2.8 TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.

El tratamiento del agua, utilizada para eliminar o reducir los contaminantes, puede ser costoso y puede requerir el mantenimiento de equipos significativo. Por lo tanto, la decisión de tratar debe establecerse mediante el análisis de laboratorio de agua potable. El tratamiento también debe ser rentable y el resultado en la salud conocido o beneficios de producción para el ganado. Las opciones para el tratamiento de agua

potable ganado lechero son dependientes del contaminante diana. Estas opciones se enumeran a continuación y se resumen en la Tabla 11.

2.8.1 LA DISMINUCIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL AGUA.

La desinfección es un proceso utilizado para eliminar los microorganismos patógenos en el agua. El desinfectante químico más comúnmente utilizado es el cloro.

Un proceso químico desinfectante no es con la luz ultravioleta. La eficacia de la desinfección del agua es en última instancia depende de la limpieza de recipientes para beber.

El uso prolongado de los desinfectantes no se recomienda para los pozos contaminados porque cualquier fallo de desinfección del material expondrá el ganado a los patógenos, y la reciente evidencia sugiere que el cloro puede combinarse con materia orgánica en el agua para formar trihalometanos que se han considerado cancerígenos.

2.8.1.1 Cloro.

El cloro es un agente oxidante poderoso y el desinfectante más utilizado debido a que es barato y eficaz a bajas concentraciones. Además, si se aplica en una cantidad suficiente de dosis, el cloro tiene un efecto residual. Por lo tanto, el cloro que queda en el agua puede seguir destruyendo bacterias. Aunque el cloro es barato, la cloración requiere un tanque de contacto que permita que el cloro tenga tiempo para desinfectar el agua. El mantenimiento adicional no es ni difícil ni caro.

2.8.1.2 La luz ultravioleta.

La luz UV puede ser un método viable para desinfectar agua. Sin embargo, la efectividad de la irradiación UV como desinfectante es dependiente de la capacidad de la radiación pase a través del agua y los microorganismos de contacto. Por lo tanto, la filtración puede ser

necesaria para el agua turbia o descolorida. Además, la luz UV hace no proporcionan desinfección residual.

2.8.2 LA DISMINUCIÓN DE NITRATOS, SULFATOS Y MINERALES EN EL AGUA.

Destilación, ósmosis inversa y de intercambio iónico son tres métodos de tratamiento utilizados para eliminar o reducirlos nitratos, los sulfatos y los minerales en el agua.

2.8.2.1 Destilación.

Ósmosis inversa y destilación elimina los contaminantes del agua a través de desmineralización. Durante la destilación se hierve agua para formar vapor. El vapor es capturado, se enfría y se condensa para formar agua. Nitratos, sulfatos y todos los otros minerales se eliminan ya que permanecen en el tanque de ebullición.

2.8.2.2 La ósmosis inversa.

La ósmosis inversa elimina nitratos, sulfatos y todos los otros minerales por separar el agua de solución salina. Esto ocurre cuando el agua es presurizada y forzada a través de una membrana semipermeable.

2.8.2.3 El sistema de intercambio de iones.

Sistemas de intercambio iónico se puede utilizar para disminuir los nitratos, sulfatos, dureza del agua y TDS. Los principales componentes de un sistema de intercambio de iones son una columna de intercambio llena con resina de intercambio iónico, tanque de almacenamiento de residuos y el tanque de solución de regeneración. Durante la reducción de nitrato o sulfato, estos iones son por lo general intercambiados con iones de cloro. Sin embargo, durante el ablandamiento del agua, iones de calcio y de magnesio son intercambiados por iones de sodio. Salmuera residual que contiene contaminantes eliminados del agua se almacena en el tanque de

almacenamiento de residuos y la solución de regeneración se utiliza para recargar la resina.

TRATAMIENTOS	BACTERIAS	SULFATOS	NITRATOS	TDS	DUREZA
CLORO	X				
LUZ UV	X				
OSMOSIS REVERSA		X	X	x	X
DESTILACION		X	X	x	X
EL INTERCAMBIO IÓNICO (ABLANDADOR DE AGUA)		x	x	x	X
X = CONTAMINANTE REMOVIDO; x = CONTAMINANTE REDUCIDO.					

TABLA 11. Opciones de tratamiento de agua asociados a los contaminantes del agua. (Linn y Raeth-Knight, 2002).

2.8.3 DIÓXIDO DE CLORO.

Sustancia	Reacción
Sustancias orgánicas naturales y sintéticas seleccionadas	Pueden reaccionar y formar clorito
Hierro y manganeso	Oxidación
Color	Remoción
THMFP	Reducción
Sustancias orgánicas	Oxidación
Fenoles	Oxidación a quinonas

TABLA 12. Efectos del ClO₂ en el tratamiento del agua potable. (Deininger et al. 1994).

2.9 DIÓXIDO DE CLORO.

2.9.1 HISTORIA DEL DIÓXIDO DE CLORO.

La aceptación del dióxido de cloro como oxidante y desinfectante del agua potable en Estados Unidos ha crecido significativamente durante los 20 últimos años; varios cientos de plantas usan actualmente dióxido de cloro. En Europa, el uso del dióxido de cloro está generalizado; en Italia, más de 30% de las plantas de tratamiento de agua utilizan dióxido de cloro y en Alemania más de 10% (Deininger et al., 1994).

En los Estados Unidos, el dióxido de cloro (ClO_2) se usó por primera vez como desinfectante del agua potable hace 50 años. El primer uso reportado fue en 1944 en una planta de tratamiento de agua en Niagara Falls, Nueva York (Aieta y Berg, 1986).

Desde entonces, el uso del dióxido de cloro se ha ampliado a otras aplicaciones, incluido el tratamiento del agua para usos industriales y para el procesamiento de alimentos (Deininger et al. 1994).

2.9.2 USO DEL DIOXIDO DE CLORO A NIVEL INDUSTRIAL Y GANADERO.

El dióxido de cloro (ClO_2) es un desinfectante cuya capacidad biocida sobrepasa a la del cloro y sus derivados. Debido a sus cualidades oxidantes selectivas, su aplicación es una alternativa a ser considerada donde además de la desinfección se requiere mejorar la calidad organoléptica del agua. Tiene un gran efecto en el control del sabor y el olor, así como para destruir sustancias orgánicas que proporcionan color o que son precursoras de trihalometanos (THM). Por ello, se aplica especialmente cuando las aguas crudas contienen altas concentraciones de precursores, que con la cloración tradicional darían lugar a la formación de subproductos de la desinfección (SPD).

El dióxido de cloro mejora la calidad del agua potable, es decir, neutraliza olores, remueve el color y oxida al hierro y al manganeso. Una

de las propiedades más interesantes del dióxido de cloro es su eficacia biocida en un amplio rango de pH (3 a 9) (Deininger et al., 1994).

2.9.3 EFECTOS DEL DIÓXIDO DE CLORO EN AGUA TRATADA CONSUMIDA POR EL GANADO.

2.9.3.1 Oxidación de compuestos orgánicos.

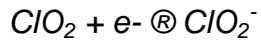
La reactividad del dióxido de cloro es casi nula para: compuestos insaturados, compuestos aromáticos estables, aldehídos, cetonas, quinonas, carboxilatos, amoníaco, aminas primarias, urea y la mayor parte de los aminoácidos. Sin embargo es muy reactivo con los compuestos fenólicos, aminas secundarias y terciarias no protonadas, y compuestos organosulfurados.

Como oxidante el dióxido de cloro es muy selectivo. El dióxido de cloro ataca el centro rico en electrones de las moléculas orgánicas. De esta manera se transfiere un electrón y el dióxido de cloro se reduce a ión clorito (ClO_2^-). El dióxido de cloro es efectivo a bajas concentraciones; no es tan reactivo como el ozono o el cloro y solo reacciona con sustancias sulfúricas, aminas y otras sustancias orgánicas reactivas. En comparación con el cloro y el ozono, se requiere menos dióxido de cloro para obtener una concentración de desinfectante residual efectiva. También se puede utilizar cuando la concentración de materia orgánica es alta.

La capacidad de oxidación muestra como los electrones son transferidos en una reacción de oxidación o reducción. El átomo cloro en el dióxido de cloro tiene un numero de oxidación de +4. Por eso el dióxido de cloro puede aceptar hasta 5 electrones cuando es reducido a cloro. Cuando observamos el peso molecular, el dióxido de cloro contiene 263 % "cloro disponible"; esto es más que 2,5 veces la capacidad de oxidación del cloro.

La siguiente comparación demuestra que pasa con las reacciones de dióxido de cloro.

Primero, el dióxido de cloro toma un electrón y lo reduce a clorito:



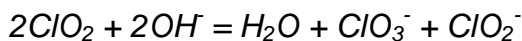
El ión clorito es oxidado y se convierte en un ión de cloruro:



Estas comparaciones sugieren que el dióxido de cloro es reducido a cloruro, y durante la reacción acepta 5 electrones. El átomo de cloro se mantiene, hasta que se forma el cloruro estable. Esto explica porque no se forman sustancias clorinadas.

Cuando el cloro reacciona no solo acepta electrones, sino que también interviene en las reacciones de adición y sustitución. Durante estas reacciones, uno o más átomos de cloro son añadidos a sustancias extrañas.

Al contrario que el cloro, el dióxido de cloro no reacciona con nitrógeno de amonio (NH_3) y apenas reacciona con aminas elementales. Puede oxidar nitrito (NO_2) a nitrato (NO_3). No reacciona rompiendo las conexiones de carbón. Tampoco tiene lugar la mineralización de sustancias orgánicas. En circunstancias alcalinas el dióxido de cloro se rompe en clorito y clorato (ClO_3^-).

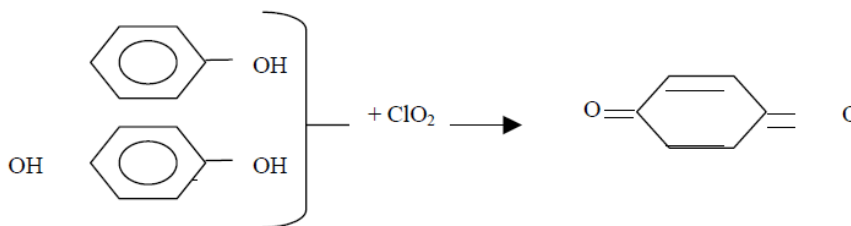


Esta reacción es catalizada por medio de iones de hidrogeno (H^+). La vida media de soluciones acuosas de dióxido de cloro disminuye cuando el pH aumenta. A bajo pH, dióxido de cloro es reducido a iones cloruro (Cl^-) (LENNTECH, 2012).

2.9.3.2 Compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos reaccionan muy rápidamente con el dióxido de cloro.

- Formándose quinonas y cloroquinonas.

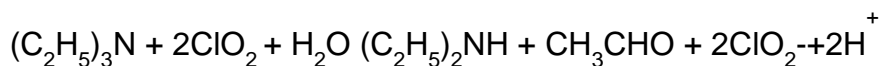


- Rompiendo el anillo aromático y formándose compuestos alifáticos.

2.9.3.3 Aminas secundarias y terciarias no protonadas.

El dióxido de cloro presenta una gran reactividad con las aminas terciarias, menos buena con las aminas secundarias y prácticamente nulas con las aminas primarias.

Ejemplo:



Este mecanismo es general para las aminas terciarias y secundarias.

2.9.3.4 Compuestos organosulfurados.

Oxidación de sulfatos.

El sulfato (SO_4^{2-}) es mucho más abundante en agua de mar que en agua dulce, aunque cabe señalar que los lagos ácidos y los lagos con una alta tasa de mineralización, en cuencas cerradas, pueden contener altas concentraciones de sulfato. Parte del sulfato presente en agua dulce se origina de la mineralización de rocas en la cuenca de los lagos. No obstante la mayoría del sulfato se deriva del agua de lluvia.

El sulfato es el segundo anión de mayor abundancia en agua de lluvia, siendo el bicarbonato el anión más abundante.

Con el uso del dióxido de cloro como mejorador de la calidad del agua, se puede llegar a oxidar o bien reducir el sulfato a sulfuro de

hidrogeno, que este último puede ser utilizado en la biosíntesis de compuestos orgánicos sulfurados.

Reducción asimilativa del sulfato.

La reducción asimilativa del sulfato es el proceso mediante el cual una gran variedad de organismos vivos (incluyendo plantas superiores, algas, hongos y la mayoría de los procariontes) utilizan sulfato como fuente de azufre para la biosíntesis de compuestos organosulfurados (aminoácidos [metionina, cisteína], vitaminas [biotina], coenzimas [coenzima-A], compuestos osmoreguladores [dimetilsulfuro]). Cabe señalar, que los organismos arriba mencionados pueden utilizar también metionina y cisteína como fuente de azufre. La fuente de azufre para los animales proviene mayormente de los compuestos organosulfurados que consumen en su dieta (especialmente metionina). La metionina que ingieren los animales suple el azufre utilizado en la síntesis de cisteína. A partir de la cisteína se sintetizan otros organosulfurados.

Para la incorporación del sulfato a moléculas orgánicas es necesario reducir el átomo de azufre del sulfato, ya que en los organismos vivos el azufre se encuentra casi exclusivamente en forma reducida [grupos sulfhidrilo (-SH) o puentes disulfuro (-S-S-)]

De esta forma, la primera fase en la reducción asimilativa de sulfato conlleva la reducción del sulfato a sulfuro de hidrógeno. La reducción del sulfato a sulfuro de hidrógeno requiere de la activación del sulfato a expensas de ATP. La sulfurilasa de ATP (sulfato adenililtransferasa), cataliza la adición del ión sulfato a un grupo fosfato del ATP, formándose el fosfosulfato de adenosina (APS) y liberándose una molécula de pirofosfato (PPi). En las células procariontes, la activación del sulfato conlleva una segunda fosforilación a expensas de ATP, formándose la molécula de fosfoadenosina-5'-fosfosulfato (PAPS). Esta última es reducida a sulfito (SO_3^-) a expensas de la coenzima NADPH. El sulfito es

reducido posteriormente a sulfuro de hidrógeno (H₂S), nuevamente, a expensas de la coenzima NADPH.

El dióxido de cloro tiene la propiedad de llevar a cabo la reducción de sulfato (SO₄) a sulfito (SO₃=) debido a su poder oxidante, con esto el dióxido de cloro contribuye en la primera fase de la reducción de sulfato a sulfito y dentro del organismo de los animales (rumiantes) continua la segunda etapa de la reducción, mediada por las bacterias y las enzimas reductoras de sulfito (SO₃=), para llegar a la reducción asimilativa del sulfato, que es el sulfuro de hidrogeno (H₂S).

Algunos compuestos sulfurados son oxidados. Este es el caso del parathion que a pH neutro es oxidado a paraoxon más rápidamente que con el cloro.

2.9.3.5 Heterociclos nitrogenados.

En los heterociclos nitrogenados como por ejemplo atrazina y simazina, la reactividad del dióxido de cloro es prácticamente nula.

Atrazina y Simazina

En extractos de muestras procedentes de agua potabilizada en Montfullà tratadas con dióxido de cloro, se ha comprobado que no hay reducción en la concentración de atrazina (Gay, 2000).

2.9.3.6 No generación de Trihalometanos.

Los ácidos húmicos y fúlvicos, que se encuentran en el agua de algunos lugares, son producto de la degradación de materia vegetal, la cual en la mayoría de los casos, le confiere color al agua. Otros compuestos proceden de la degradación de material animal. Los derivados de la degradación vegetal y animal son compuestos activos que, al reaccionar con el cloro, dan como resultado compuestos orgánicos clorados, entre ellos los THM's (Sánchez, 2008).

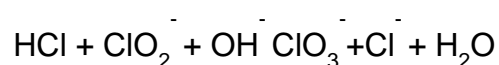
La producción de THM's por la reacción de los ácidos fúlvicos con ClO_2 es baja. Al aplicar dióxido de cloro a una solución acuosa de ácidos fúlvicos, éstos se reducen en gran proporción y en consecuencia también se reduce la formación de trihalometanos. Asimismo, al ser cloradas algunas aguas con cargas orgánicas elevadas por ejemplo, las aguas contaminadas con efluentes municipales forman subproductos como: cloro fenoles, ácido cloro acético, ácido dicloro acético, ácido tricloro acético, tricloro acetaldehído monohidratado, 1-1-dicloro propanona, dicloro acetanitrilo, dibromo acetanitrilo, tricloro acetanitrilo, cloruro de cianógeno, cloropicrin y bromato.

Los THMs más predominantes son el clorofomo y el bromo dicloroetano; con frecuencia también se encuentran el dibromo clorometano y el bromoformo.

La concentración de THMs depende de la presencia de precursores (compuestos activos que pueden reaccionar con el cloro), así como de la dosis de cloro, tiempo de contacto, temperatura del agua y pH (Sánchez, 2008).

Los precursores disminuyen por oxidación con el dióxido de cloro, que al reducirse, da lugar a la formación de cloritos.

La reducción del dióxido de cloro a clorito es incompleta debido a que el dióxido de cloro interacciona con algunas estructuras orgánicas produciendo ácido hipocloroso. El ácido hipocloroso puede formar algunos trihalometanos. En las aguas naturales, la adición del dióxido de cloro conlleva a la disminución de la formación de trihalometanos y la producción de cloritos. Si en el tratamiento aplicamos una preoxidación con dióxido de cloro y desinfección final con cloro, parte de los cloritos formados por la reducción del dióxido de cloro serán oxidados a cloratos.



En presencia de la luz de día, el comportamiento del dióxido de cloro es un poco diferente. Los bromuros que no se oxidan en la oscuridad, se oxidan en presencia de luz. Ello explica la formación de compuestos organobromados por oxidación de ácidos húmicos en presencia de bromuros (Gay, 2000).

2.9.3.7 EL DIÓXIDO DE CLORO COMO DESINFECTANTE.

El dióxido de cloro es un desinfectante más potente que el cloro y la cloramina; investigaciones reciente en los Estados Unidos y Canadá demuestra que el dióxido de cloro destruye enterovirus, *E. coli* y amebas y es efectivo contra los quistes de *Cryptosporidium*. El dióxido de cloro existe en el agua como ClO₂ (poca o ninguna disociación) y, por lo tanto, puede pasar a través de las membranas celulares de las bacterias y destruirlas. El efecto que tiene sobre los virus incluye su adsorción y penetración en la capa proteica de la cápside viral y su reacción con el RNA del virus. Como resultado, se daña la capacidad genética del virus (Deininger et al., 1994).

Efecto biocida:

El dióxido de cloro es un potente biocida y no una toxina metálica. Esto significa que mata microorganismos por la interrupción del transporte y generación energética de la célula, durante la fosforilación en el Ciclo de Krebs, inhibiendo la catálisis mediada por el Fe, no por oxidación, como el ozono o el cloro. El dióxido estabilizado de cloro (DCE) es altamente seguro y con largo plazo de vencimiento (Deininger et al., 1994).

El dióxido estabilizado de cloro actúa sobre una gran variedad de bacterias:

- *Staphylococcus Aureus*.
- *Streptococcus pneumoniae*
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Clostridium botulinum*

- *Salmonella typhi*
- *Meningococcus*
- *Legionella pneumophila*
- *Escherichia coli*
- *Aspergillus niger*
- *Mycobacterium tuberculosis*
- Influenza tipo A

Actúa sobre el ciclo de Krebs de la célula, inhibe la fosforilación oxidativa, catálisis inversa, mediada por el hierro en los microorganismos, en su proceso de adquirir energía por el pasaje de ADP a ATP.

Si se priva de esta acumulación energética al germen, le es imposible continuar el proceso metabólico y reproductivo del mismo, entonces muere.

Las células de plantas, animales y personas no utilizan esa variante catalítica, lo que lo hace inocuo para ellas.

Eliminación de la película biológica (biofilms).

Una película biológica o biofilm es una capa de microorganismos contenidos en una matriz (capa del limo), que se forma en superficies en contacto con agua. La incorporación de patógenos en las películas biológicas puede proteger a los patógenos contra concentraciones de los biocidas que matarían o inhibirían a esos organismos suspendidos libremente en agua. Los biofilms proporcionan un asilo seguro para organismos como *Listeria*, *E. coli* y *Legionella* donde pueden reproducirse a niveles donde la contaminación de los productos que pasan a través de esa agua llega a ser inevitable (Biocida, 2011).

2.10 EL HIPOCLORITO DE SODIO.

En general, los hipocloritos son agentes oxidantes fuertes, con mayor fuerza que el peróxido de Hidrógeno o el Dióxido de Cloro. Su carácter de oxidante fuerte le permite actuar como agente de blanqueo y desinfección; estas propiedades se aprovechan para el tratamiento de fibras y la eliminación de microorganismos en el agua.

Durante la adición de hipoclorito de sodio en el agua se genera ácido hipocloroso (HOCl); el ácido hipocloroso se divide en ácido hipoclorito (HCl) oxígeno (O₂). El átomo de oxígeno es un oxidante muy fuerte. El hipoclorito de sodio es muy efectivo contra las bacterias, virus y hongos manteniendo desinfectada y limpia el agua (Roeske et al., 2004).

Las soluciones de hipoclorito de sodio caen dentro de dos clasificaciones: blanqueadores de uso doméstico, que contienen entre 5 y 5.5% de Cloro disponible, y soluciones fuertes o comerciales, que contienen entre 12 y 15% de Cloro disponible. El término “contenido de Cloro disponible”, es también denominado Cloro activo (Estrela et al., 2002).

En la cloración de los volúmenes más pequeños de agua, se puede usar hipoclorito de sodio para la desinfección del agua potable. Estas soluciones de hipoclorito se pueden almacenar sólo por un período de tiempo limitado. Se descomponen gradualmente y el grado de cloro efectivo disminuye. La descomposición se acelera por la exposición a la luz, el calor y por impurezas tales como las trazas de metal.

El Hipoclorito de Sodio se utiliza comúnmente en: blanqueado, desinfección, control de olor, cloración de aguas de proceso o para bebida, eliminación de lógo y algas en piscinas (Roeske et al., 2004).

Debido a su efecto sobre la eliminación de algas en las paredes de las piscinas se le ha dado uso para la eliminación de estas algas que se producen en las paredes de las pilas o piletas de agua.

2.11 CALIDAD DEL AGUA EN EL EXPERIMENTO.

Durante la investigación del hipoclorito sodio y dióxido de cloro como desinfectantes y mejoradores de la calidad del agua para consumo de los bovinos lecheros, se tomaron muestras del agua de las dos pilas (pila #1 tratada) una muestra y (pila # 2 testigo) una muestra; se enviaron al laboratorio de suelos de la UAAAN. UL; para su análisis físico y químico de ambas muestras.

PARÁMETROS	1 TRATADO	2 TESTIGO	Parámetros y tolerancia en base a la bibliografía.
pH	7.24	7.67	6,5-8,5
Cond. Eléctrica mS/cm	1.095	1.355	
Ca Calcio ppm	54	79	10-500 (mg/l)
Mg Magnesio ppm	15.55	32	250 (mg/l)
DUREZA			
Na Sodio ppm	7	5	7000(mg/l)
CO ₃ Carbonatos ppm ALCALI-	6	24.60	
HCO ₃ Bicarbonatos ppm NIDAD	239.12	634.84	
Cl ⁻ Cloruros ppm	82.36	99.40	
SO ₄ Sulfatos ppm	65.22	174	300 (mg/l)
Sólidos Totales ppm	630.81	980.31	7000(mg/l)

TABLA 13. Resultados obtenidos del agua del establo.
(Laboratorio Suelos UAAAN, 2012)

Con respecto a los resultados obtenidos, encontramos que los parámetros de mayor importancia como son; (sólidos totales, calcio y magnesio, sodio, pH, cloruros y sulfatos) como componentes físicos y químicos del agua que pueden llegar a determinar la calidad del agua en las pilas, para el caso de la pila tratada # 1, se encuentran dentro de los rangos aceptables para su consumo por los bovinos.

De acuerdo a las características del agua podemos clasificarla como agua no contaminada de acuerdo DQO y DBO5. Con una condición de suave en cuestión de concentración carbonatos y en cuestión bacteriológica sin riesgo.

En cuanto al valor y la concentración del cloruro de sodio en la pila tratada #1, encontramos un valor de 7 ppm. Equivalente a 7000 mg/l y en la pila testigo un valor de 5 ppm, equivalente a 5000mg/l sabiendo que estos valores son aceptables para que el agua sea consumida por los animales.

En la pila # 1 tratada, la cantidad de sulfato presente en el agua es de 65.22 ppm. Y el en la pila # 2 pila testigo es de 174 ppm.

Se puede notar en cuanto a los resultados, una reducción considerable sulfato en la pila # 1 tratada, y esto se debe al efecto que tiene el dióxido de cloro de reducir de manera asimilativa el sulfato (SO_4) a sulfito (SO_3) debido a su poder oxidante; en cuanto a la pila testigo los resultados obtenidos en el sulfato presente en el agua no son considerables dañinos o nocivos para la salud de los bovinos.

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis bacteriológico, el agua de la pila # 1, tratada no tuvo un crecimiento significativo de bacterias patógenas y en la pila testigo solo hubo un crecimiento de una UFC (Unidad formadora de colonia) de (*Escherichia coli*).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.

La investigación del dióxido de cloro en el agua de bebida de vacas Holstein se realizó en el establo lechero “Los Compadres” ubicado en el municipio de Gómez Palacio en el estado de Durango (Comarca Lagunera). Localizado en el km 2.5 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo. Situado entre las coordenadas 25°37'4.88" latitud norte 103°28'14.38" longitud oeste a una altura de 1123 msnm. El clima varía de 42 ° C en verano y en invierno baja a 0 ° C, la prueba se realizó en el mes de Mayo. El establo contaba con una población total de 2100 animales.



Figura 3. Vista satelital del Establo Los Compadres lugar donde se efectuó la investigación (Google earth).

3.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO.

Se utilizaron 16 vacas de la raza Holstein-Fresian divididas en 2 grupos, cada uno con 8 vacas, grupo tratado numerado del 1-8 y grupo testigo numerado del 9-16. Al grupo tratado se le aplicó en el agua de bebida el producto mientras que al testigo el agua sin el producto, siendo alimentadas con la misma dieta. Entrando a la ordeña de manera normal cada 8 horas al final del turno, pesando la leche de cada vaca en cada ordeña y tomando muestra de leche para análisis bioquímico una vez al día.

La muestra de leche (bolis) era enviada por día al laboratorio de LALA (Departamento de asistencia técnica y control de calidad) para su análisis bioquímico y recibiendo los reportes diarios de calidad de la leche, incluyendo % de grasa, % de proteína, lactosa, sólidos no grasos (SNG), Sólidos totales.

Se tomó muestra de sangre y leche al inicio del experimento y al final del mismo para evaluar valores de hematocrito y células somáticas.

Grupo #1	Grupo #2
Se lavó y desinfectó el bebedero, se aplicó Vigoroso (SilmanCare®) para el lavado, después de dejar actuar su efecto emulsificante y tallar las paredes, se aplicó alcohol previo a la aplicación del recubrimiento (SEAL-XPRO ER-CISTERNA SilmanCare®) para recubrimiento epòxico impermeable de grado sanitario en las áreas de concreto, en las áreas metálicas se aplicó (SealXProSilmanCare®) que es un recubrimiento hidráulico y al final	Se lavó el bebedero, no se aplicó ningún producto, se mantuvo con el agua y las mismas condiciones del establo para compararlas con las de los animales tratados en el agua de bebida, realizando solamente su limpieza cada 8 días.

<p>sobre la superficie del bebedero (SealXProNanoTech-C/P SilmanCare®) para mantener limpia la superficie que ayuda a que no se acumule materia orgánica e inactivando algunos agentes a causa del ángulo de la luz del sol.</p> <p>Sobre la marcha del experimento se aplicó hipoclorito de sodio y dióxido de cloro (MAM 20) en el agua de bebida de este grupo a una dosis de 10 ppm utilizando un dosificador y dándoles limpieza simultáneamente cada 8 días.</p>	
--	--

TABLA 14. Distribución de los grupos experimentales, el tratamiento de los bebederos y del agua.

3.3 MATERIALES UTILIZADOS.

Los materiales utilizados durante el trabajo fueron proporcionados por el establo donde se realizó el experimento y por el laboratorio patrocinador del producto (SilmanCare International México).



Figura 4. Limpieza y desinfección de la pila con el producto Vigoroso

Producto de SilmanCare Vigoroso™ se utilizó para facilitar la remoción de la grasa de las superficies, ya que produce una espuma densa y alcalina, y es de larga duración con un alto pH que se mantiene en superficies verticales, permitiendo que el producto penetre profundamente y se tenga una eficiencia total en la limpieza, además que es de fácil enjuague, inhibe la corrosión y no es flamable. Rápidamente remueve grasa y lípidos animales, aceites vegetales, sangre, residuos carbónicos, mugre, depósitos de jabón y detergente.



Figura 5. Desinfección de la pila con alcohol etílico al 90%.



Figura 6. Aplicación de Recubrimiento Hidráulico Negro.

El producto de SealXPro™ SH Recubrimiento hidráulico negro sello elástico impermeabilizante superficial que es un sellador para superficies lisas o porosas a base de hule neopreno, de elasticidad permanente, que

no necesita catalizador y tiene una gran resistencia al envejecimiento e intemperismo, los rayos ultravioleta no lo dañan.

Es inmune a los cambios de temperatura, desde el punto de congelación hasta 150°C. Resiste a soluciones débiles de ácidos orgánicos así como a soluciones alcalinas para proteger el bebedero.



Figura 7. Aplicación del Recubrimiento epòxico impermeable.

El producto de SEAL-XPROER-CISTERNA Recubrimiento epòxico impermeable flexible grado sanitario es un recubrimiento de baja viscosidad, de dos componentes (Parte A y B), que se adhiere tenazmente al concreto, asbesto o aplanados. Este recubrimiento, una vez endurecido, no es tóxico, y puede aplicarse para proteger tanques o tinacos que estén destinados a contener agua potable.

El producto SealXProNanoTech-C/P que es un recubrimiento de auto-limpieza, cuando la superficie de este film es expuesto a la luz suficiente, la superficie alcanza una SUPER HIDROFILICIDAD. En otras palabras, no repele el agua en su totalidad, por lo que el agua no puede existir en la forma de una gota, pero se dispersa horizontalmente sobre el sustrato. La naturaleza hidrofílica de este producto, en conjunto con la gravedad, permite que las partículas de suciedad y cochambre se retiren y

remuevan de forma sencilla y simple teniendo esto como ventaja de una limpieza sencilla.



Figura 8. Finalización de la primera etapa del experimento

Se aplicó dióxido de cloro con hipoclorito de sodio a 10 ppm siendo combinado a través de un dosificador dependiendo el consumo de agua.



Figura 9. Dosificador de Dióxido de cloro.

3.4 VARIABLES ANALIZADAS EN EL EXPERIMENTO

- Producción láctea
- Frecuencia de consumo de alimento
- Tiempo que come
- Frecuencia de consumo de agua
- Tiempo bebiendo

3.5 FORMA DE MEDICIÓN

La medición de las frecuencias de consumo de alimento y agua se midieron por observaciones diarias durante las 24 horas del día.

La producción láctea se midió a través del pesaje de la leche en cada ordeña durante la duración del experimento.

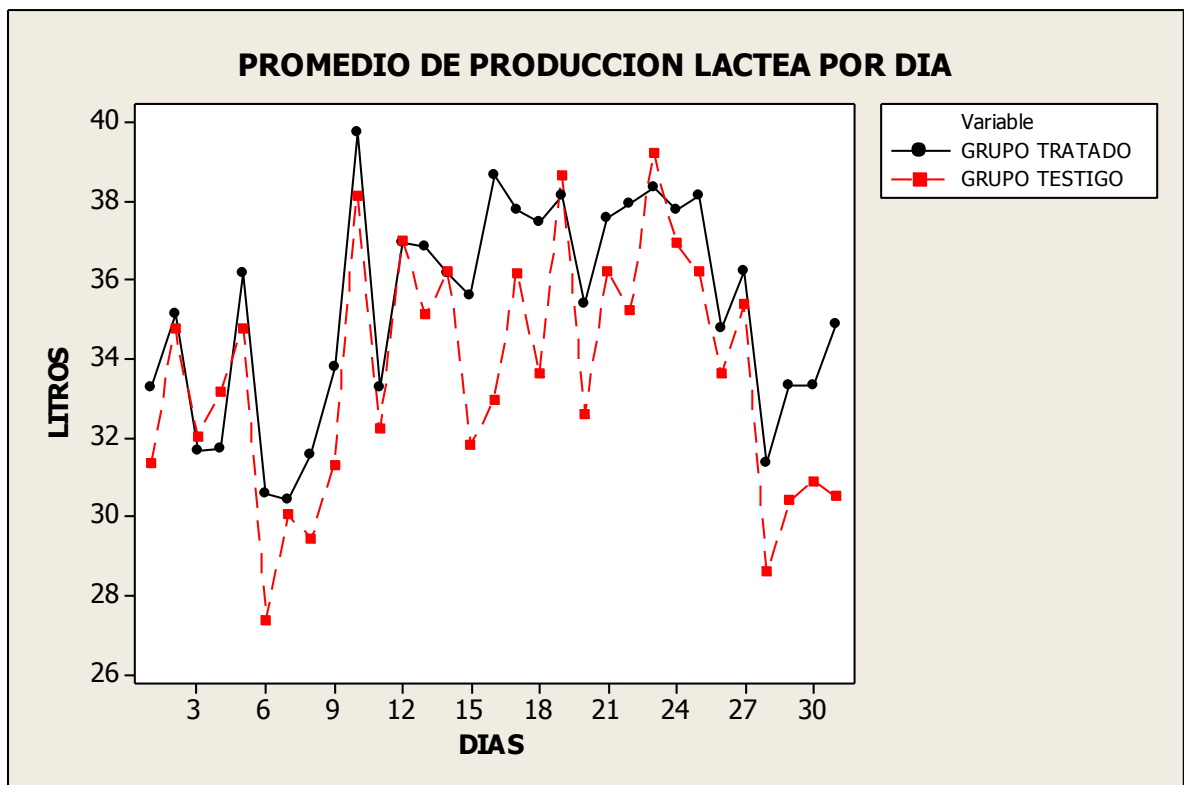
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó por medio del programa estadístico MYSTAT por las pruebas de chi-cuadrada y T- de student.

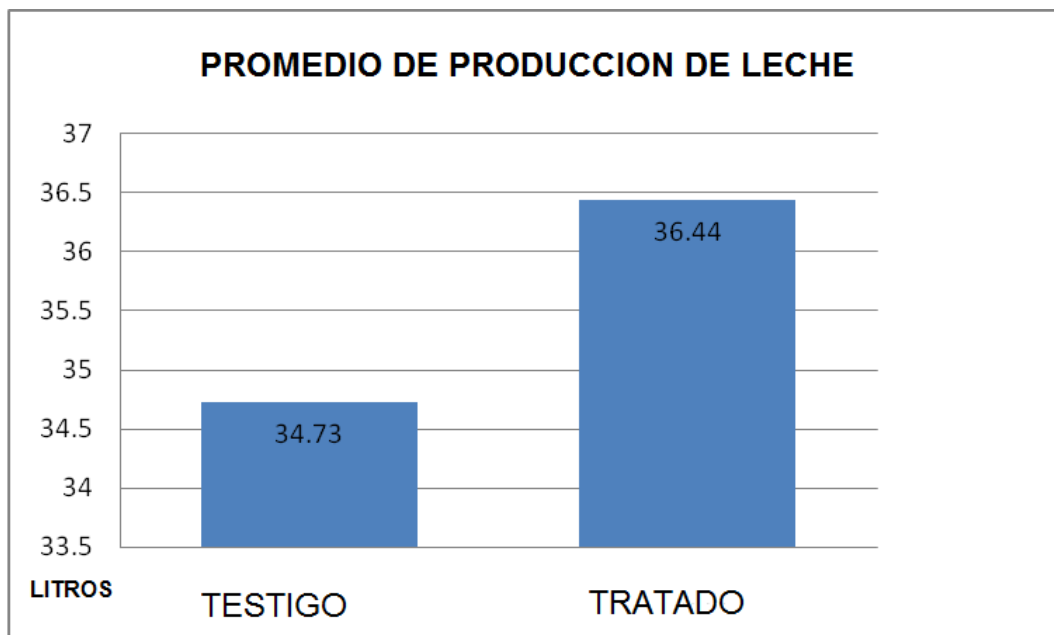
IV.- RESULTADOS.

4.1 PRODUCCIÓN LÁCTEA.

Las vacas que consumieron agua tratada tuvieron un promedio de producción láctea significativamente superior a las que consumieron agua sin tratar (36.44 vs 34.73) ($P < 0, 05$) para tratadas y no tratadas respectivamente.



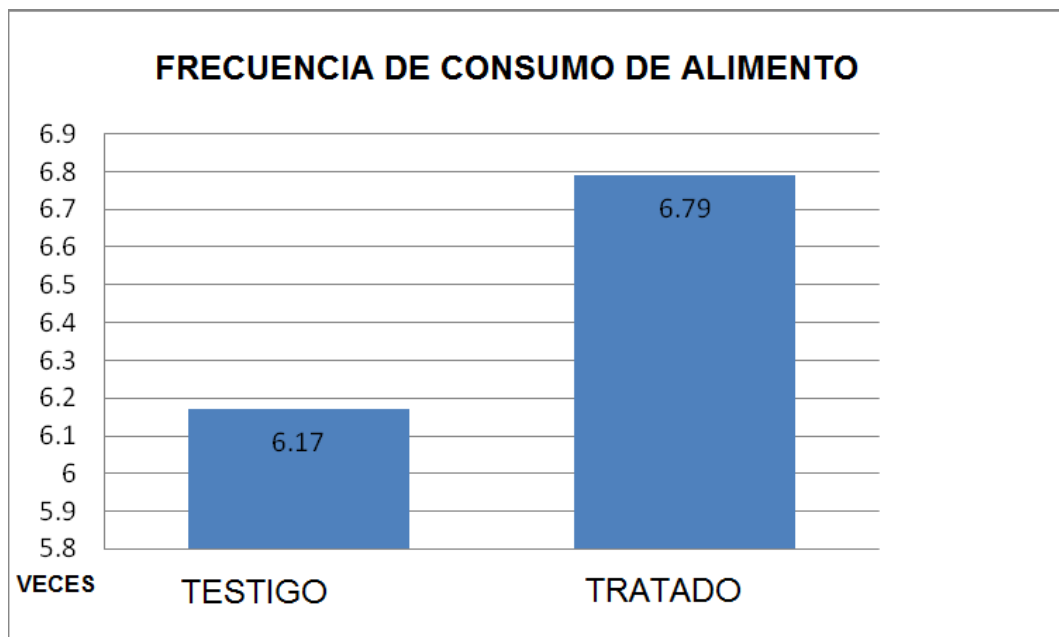
GRAFICA 1. Promedio de producción láctea por día.



GRAFICA 2. Promedio de producción durante periodo de observación.

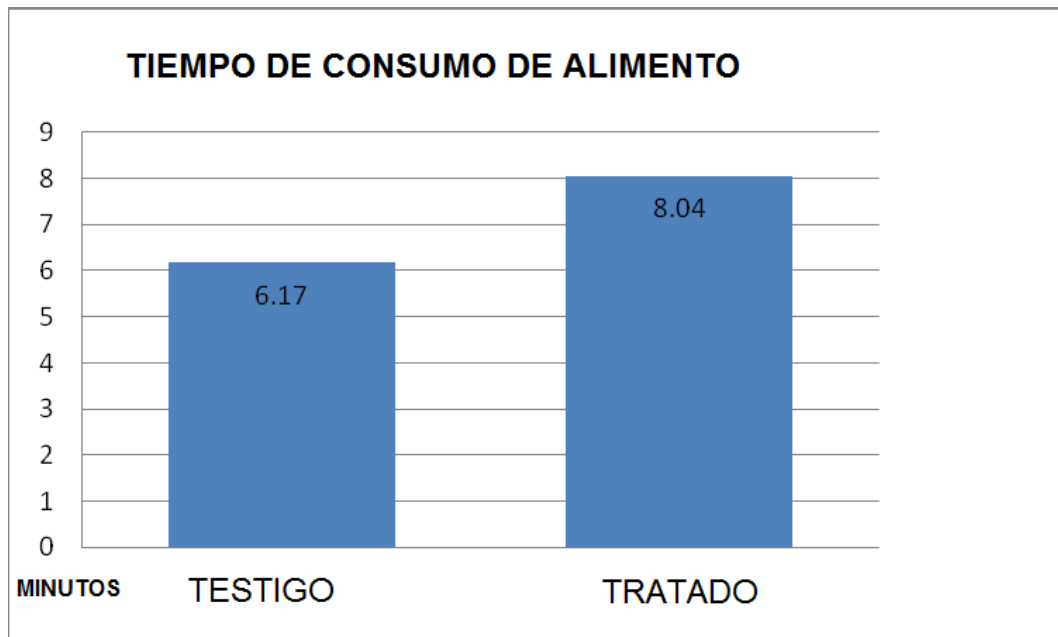
4.2 FRECUENCIA Y TIEMPO DE ALIMENTACIÓN.

En la siguiente grafica se observa un ligero incremento en la frecuencia de consumo de alimento y se obtuvo una (P 0,053) donde numéricamente hubo una tendencia a consumir más frecuentemente y durante más tiempo el alimento para las vacas que consumieron agua tratada, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Grafica 3 y 4.



GRAFICA 3. Promedio de frecuencia de consumo de alimento.

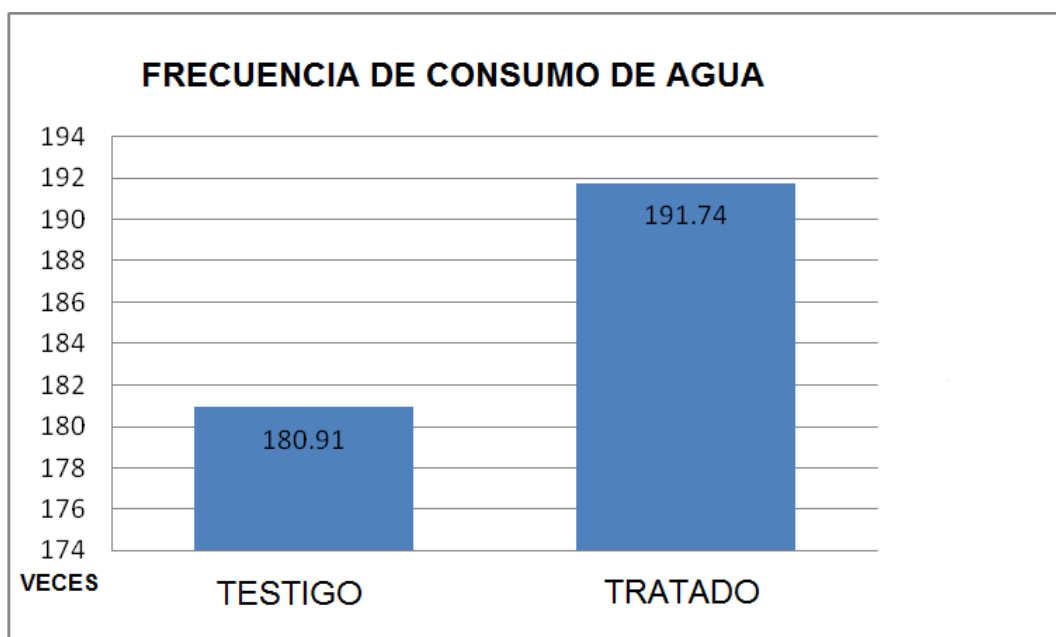
En la siguiente grafica se observa el tiempo de consumo de alimentodonde se obtuvo una (P 0,229) y solo se observa una tendencia a consumir por más tiempo alimento, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas.



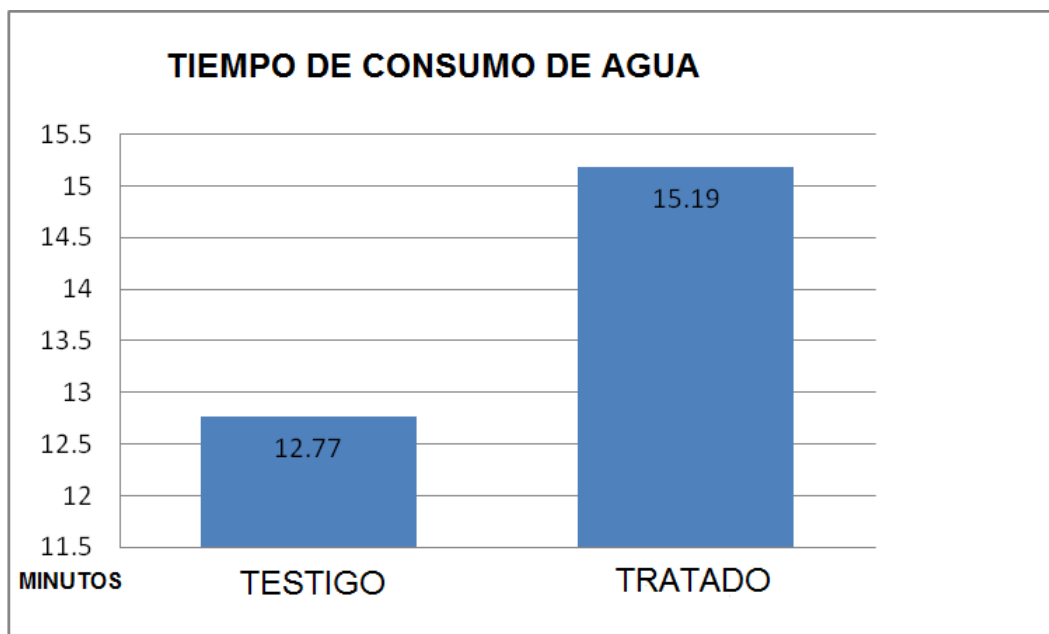
GRAFICA 4. Promedio de tiempo de consumo de alimento.

4.3 TOMAS DE AGUA Y TIEMPO BEBIENDO

Con relación a la frecuencia y tiempo utilizado para el consumo de agua se encontró una diferencia altamente significativa ($P < 0,001$) a favor de las vacas que consumieron el agua tratada. Grafica 5. De igual manera las vacas que consumieron el agua tratada utilizaron mucho más tiempo consumiendo agua que aquellas que lo hicieron con agua sin tratar ($P < 0,001$) Grafica 6.



GRAFICA 5. Promedio de frecuencia de consumo de agua.



GRAFICA 6. Promedio de tiempo de consumo diario de agua.

V.- DISCUSIÓN.

La calidad del agua es un aspecto muy estudiado por diferentes autores y en diferentes regiones geográficas Cseh (2003); Flores y Rochinotti (2007). Se plantea que el 87% del contenido total de la leche es agua y a medida que se incrementa el consumo de ella, también aumenta el volumen de la secreción láctea. En el estudio se encontró que al aumentar el consumo de agua también se incrementó significativamente la cantidad de leche en las vacas que consumieron agua tratada. Estos resultados coinciden con lo planteado por Balderas y Gómez (2009); CONAGUA (2004); García (2004); García (2011); Herrero (2003); Herrero y Maldonado (2000); Jiménez (2006); Lager et al. (2000); Leal y Gelover (2002); Loneragan et al. (2001); Murphy (1992); Patterson et al. (2003); Sager (2000); SEMARNAT (2008).

Además se describe que el agua es un elemento importante que afecta el consumo de alimento al mantener a los bovinos lecheros en un estado de confort, por lo cual puede la vaca aumentar su consumo de alimento sin ser afectada por el stress calórico, ya que al ser menor el número de sales totales aumenta el consumo de agua y por lo tanto el consumo de alimento. En esta investigación no se encontró que la frecuencia y tiempo de consumo de alimento se haya incrementado significativamente ya que no hubo diferencia estadística debido posiblemente a la N del estudio, y coincide con lo descrito por Adams y Sharpe (2001); Little et al. (1976); Flores y Rochinotti (2007); Patterson et al. (2003).

Se describe que el agua de mala calidad aumenta la velocidad de tránsito gastrointestinal haciendo menos eficiente la utilización de los nutrientes, y al aportar un exceso de sales como los sulfatos, estos pueden alterar la absorción de minerales (Cu, Zn), retardar el crecimiento y la disponibilidad de energía de la dieta, además que la calidad de agua afecta directamente el consumo de la misma, también las vacas lecheras

de alta producción tienen en general una mayor susceptibilidad a sufrir stress calórico ya que generan más calor como resultado de su mayor ingesta de alimento y por lo tanto van a requerir más agua de bebida. En el estudio la frecuencia y tiempo de consumo de agua se vio aumentado con una variación estadística altamente significativa que coincide con lo descrito por Elizondo (1993); Flores y Rochinotti (2007); Jiménez (2006); Little et al. (1976); Patterson et al. (2003); Wattiaux y Howard (2002). Lo cual posiblemente tuvo que ver directamente en la mayor producción expresada en el grupo tratado.

VI.- CONCLUSIONES.

De acuerdo a nuestros resultados se puede concluir que:

- a) El consumo de agua tratada con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro por vacas Holstein lactantes aumenta significativamente ($P < 0.05$) la producción de leche.
- b) Que cuando la vaca Holstein lactante consume agua tratada con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro, estimula significativamente ($P < 0.001$) la frecuencia y el tiempo de tomas de agua para sus procesos fisiológicos que puede tener un efecto positivo sobre la primera conclusión.
- c) A pesar de no encontrar una diferencia estadística significativa con relación a la frecuencia del consumo de alimento en las vacas que consumieron agua tratada y las testigo hubo una tendencia a ser superior en las primeras, posiblemente el número de animales puede haber influido con más evidencia en estos resultados.

VII.- RECOMENDACIONES.

- 1.- Ofrecer una mayor calidad de agua al ganado lechero debe ser una recomendación general.
- 2.- Debe considerarse para una siguiente investigación un aumento del número de animales para obtener resultados confiables.

VIII.- LITERATURA CITADA

1. - Aieta, E.M., and J.D. Berg. 1986. A Review of Chlorine Dioxide in Drinking Water Treatment. *Jour. AWWA*, 78:6:62.

- 2.- Balderas J.S. y Gómez M.M. 2009. Problemática ambiental en la Región Lagunera. Disponibilidad, extracción y calidad del agua. Revista CIENCIACIERTA No.7 [En línea] <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC17/CC17problematicalagunera.html>

- 3.- Biocida Argentina 2011; DIÓXIDO DE CLORO ESTABILIZADO USO EN INDUSTRIA LECHERA [En línea] <http://www.biocidasargentina.com>

- 4.- Bontempo Valentino y Giovanni Savoini. 2009. Departamento de Ciencia Veterinaria y Tecnología para la Seguridad Alimentaria, Universidad de Milán, Italia. CALIDAD DEL AGUA PARA CERDOS [En línea] www.produccion-animal.com.ar

- 5.- Cantón G.J.; Cseh S.B. y Ameijeiras J.R. 2006. XVIª Reunión Científico Técnica de la AAVLD, Mar del Plata, Libro Resúmenes: 141.[En línea] www.produccion-animal.com.ar

- 6.- CONAGUA, 2004. Subdirección General Técnica; Gerencia de Calidad del Agua, Gerente: Ing. Enrique Mejía Maravilla, TEL. (01-55) 53-77-02-07 y 53-77-02-08, E-mail: enrique.mejia@conagua.gob.mx, Subgerente de Estudios de Calidad del Agua e Impacto Ambiental, M.C. Eric Daniel Gutiérrez López, TEL. (01-55) 53-77-02-09, E-mail: eric.gutierrez@conagua.gob.mx. [En línea] <http://www.cna.gob.mx/>

7.- Cseh S.B 2003. El Agua y su Importancia para los Bóvidos. Lab. Bioquímica Clínica y Enfermedades Metabólicas, Dpto. Producción Animal INTA Balcarce. [En línea] www.produccion-animal.com.ar

8.- Deininger R.A.; Ancheta A. y Ziegler A. 1994 Dióxido de Cloro. Escuela de Salud Pública The University of Michigan Ann Arbor, Michigan, EUA [En línea] <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/simposio/ponen11.pdf>

9.- Elizondo Vázquez Carlos A. 1993. Propedéutica Clínica Veterinaria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Páginas 81, 90, 93,107.

10.- ESTRELA Carlos, Cyntia R.A. ESTRELA, Eduardo Luis BARBIN, Júlio César E. SPANÒ, Melissa A. MARCHESAN, Jesus D. PÉCORA. *Faculty of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil Y Faculty of Dentistry of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brazil. Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite. Braz Dent J (2002) 13(2): 113-117* [En línea] [http://www.forp.usp.br/bdj/bdj13\(2\)/v13n2a07/v13n2a07.html](http://www.forp.usp.br/bdj/bdj13(2)/v13n2a07/v13n2a07.html)

11.- Flores A.J. y Rochinotti D. 2007. Agua para Consumo de Rumiantes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Edición No. 426 [En línea] www.produccion-animal.com.ar

12.- Garcia, Alvaro D. Extensión Dairy Specialist. Dairy Science Department. Extension Extra, College of Agriculture & Biological Sciences / South Dakota State University / USDA, ExEx4024-S, Agosto 2004, Dairy Science Combatiendo el Stress Calórico en la Vaca Lechera [En línea] http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio_Publications/articles/ExEx4024S.pdf

13.- García Trejo Luciano, Médico Veterinario Zootecnista. Estados Unidos de América, 2011. Agua y su importancia en nutrición [En línea] <http://www.engormix.com>

14.- Gay C.deCiurana - Jefe Laboratorio y Tratamiento. Laboratord'Aigües de Girona, Salt i Sarriá de Ter S.A. ETAP Montfullá-I7.162 Bescanó (Girona). Dióxido de cloro y su efecto en la formación de trihalometanos. Revista Tecnología del Agua, Junio de 2000 [En línea] http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/dioxido_cloro_trihalometanos.pdf

15.- Herrero, M. A. y Maldonado May, V. Calidad de aguas subterráneas. Publicado Revista Industria y Química- Revista de la Asociación Química Argentina- Julio 2000, No. 339:18-23 [En línea] http://www.fvet.uba.ar/areas/arch_bases_agric/wqsubt.pdf

16.- Herrero A. 2003. La Calidad del Agua y su Importancia en los Alimentos. Seminario de la Bolsa de Cereales, Bs. As. Acaecer, 28(322):32-34. [En línea] www.produccion-animal.com.ar

17.- Jiménez A. 2006. El Agua en la Alimentación Bovina. Publicado en InfoVet No.59. [En línea] http://www.fvet.uba.ar/areas/arch_bases_agric/agualech.pdf

18.- Lager J.R., H.T Mata*, G.H. Pechin*, A. T Larrea*, R.N. Otrosky*, R. O. Cesan*, A. G. Caimier* y G. E. Meglia*. 2000. Veterinaria Argentina, 17(165):346-354. *Integrantes del grupo de trabajo de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam. [En línea] <http://www.produccion-animal.com.ar>

- 19.- Leal Ma. T. y S. Gelover. Evaluación de la calidad del agua subterránea de fuentes de abastecimiento en acuíferos prioritarios de la región Cuencas Centrales del Norte IMTA. 77 pág. y dos anexos, 2002. [En línea]
http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extenso/CA/EO/CAO-35.pdf
- 20.- LENNTECH Water Treatment Solutions, 2012. [En línea]<http://www.lenntech.es/dioxido-de-cloro.htm>
- 21.- Loneragan G H, J J Wagner, D H Gould, F B Garry and M A Thoren, 2001. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. Journal of Animal Science. J ANIM SCI 2001, 79:2941-2948. [En línea]
<http://www.journalofanimalscience.org/content/88/1/296.full>
- 22.- Linn Jim and Mary Raeth-Knight, 2002. Water Quality and Quantity for Dairy Cattle. Department of Animal Science, University of Minnesota, linnx002@umn.edu. [En línea]
<http://sheboygan.uwex.edu/files/2010/08/UMWaterQuality.pdf>
- 23.- LITTLE, W.; B. F. SANSOM; R. MANSTON & W. M. ALLEN. 1976. Effects of restricting the water intake of dairy cows upon their milk yield, body weight and blood composition. Anim.[En línea]
<http://journals.cambridge.org/action/login>
- 24.- Miglierina Martín, Alejandro Correa Urquiza, Bettina Lacau de Mengido, Ignacio Garcarena y col. equipo Inchausti. Protocolo consensuado, 2008.El agua de bebida como factor limitante de la producción en condiciones de pastoreo. Agua en la parcela, 3ª etapa[En línea]http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/69-Aqua%20en%20parcela.pdf

25.- MURPHY, M. R. 1992. Water metabolism of dairy cattle. J. Dairy Sci. [En línea]

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030292777686>

26.- NORMA OFICIAL MEXICANA 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". [En línea].

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>

27.- Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001 Escrito por Subcomite on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council [En línea]

<http://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=QjniA1U0IMIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=related:Sw8wbeoA3a4J:scholar.google.com/&ots=6t7x3zTxcj&sig=SY8xA1oxjdfLV-e6mOHSLSrL3ic#v=onepage&q&f=false>

28.- Patterson H. H., P. S. Johnson, and W. B. Epperson. South Dakota State University, Brookings, SD. EFFECT OF TOTAL DISSOLVED SOLIDS AND SULFATES IN DRINKING WATER FOR GROWING STEERS. Western Section, American Society of Animal Science Vol. 54, 2003

29.- Roeske W., C. Müller y Günzburg Desinfección de Agua Potable con Cloro y Dióxido de Cloro, Un bosquejo de diferentes métodos. Revista Agua Latinoamérica, Noviembre- Diciembre 2004. [En línea] www.aqualatinoamerica.com

30.- Sager Ricardo L. 2000. AGUA PARA BEBIDA DE BOVINOS INTA E.E.A San Luis. Reedición de la Serie Técnica N° 126. [En línea] www.produccion-animal.com.ar

31.- Sager, Ricardo 2001. EEA San Luis, Fices, UNSL. CC 17, 5730, Villa Mercedes, San Luis. Conferencia en el Congreso de Ganadería de Zonas Áridas y Semiáridas. Herramientas para un negocio ganadero competitivo. 9 y 10 de Agosto de 2001. San Luis, Argentina. Calidad de agua de bebida. Relación con la suplementación mineral y problemas sanitarios [En línea].http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/22-calidad_agua_suplementacion_mineral_sanidad.pdf

32.- Sager Ricardo L. 2008. Conferencia en el “Simposio sobre gestión y utilización del agua” en el 31º Congreso Argentino de Producción Animal, Potrero de los Funes, San Luis, 15-17 de octubre de 2008. Calidad de Agua de Bebida. [En línea] http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/56-simposio.pdf

33.- Sánchez Zafra Alicia. Médico Residente de Medicina Familiar y Comunitaria. Centro de Salud de Almanjáyar. C/ Pintor Joaquín CapulinoJauregui s/n. Granada (España). Correo-e: asanchezafra@yahoo.es. Efectos de los trihalometanos sobre la salud. Higiene y Sanidad Ambiental, 8: 280-290 (2008). [En línea] http://www.ugr.es/~dpto_prev/revista/pdf/Hig%20Sanid%20Ambient%20%20280-290%20%282008%29.pdf

34.- SEMARNAT, 2008. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [En línea] <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/sniarn.aspx>

35.- Wattiaux Michel A. Instituto Babcock y W. Terry Howard.2002. Departamento de Ciencia de Ganado Lechero. Universidad de Wisconsin-Madison. “Alimentos para vacas lecheras” [En línea] <http://mvz.unipaz.edu.co/textos/biblioteca/sistema-digestivo-bovino.pdf>