

EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTABLECIMIENTOS DE LA CUENCA LECHERA DE LA PAMPA

Lagger, J.R.¹; Pechin, G.H.²; Mata, H.T.²; Larrea, A.T.²; Meglia, G.E.²; Cairnie, A.G.² y Otrrosky, R.N.²

¹ Fac. de Cs. Veterinarias, UBA., Chorroarín 280, (1427) Buenos Aires. E-mail: jlagger@fvet.uba.ar.

² Depto. de Producción Animal, Fac. de Cs. Veterinarias, UNLPam. calle 5 y 116, (6360) General Pico, La Pampa.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la evolución de la calidad del agua en establecimientos de la cuenca lechera de La Pampa. Se planteó la hipótesis de que los megatambos, debido a su alto número de animales (400 a 700 vacas), podrían causar una salinización del agua de bebida, por un uso excesivo de las napas, y la contaminación de las mismas, por la gran acumulación de efluentes. Se decidió compararlos con tambos medianos (100 a 250 vacas) para evaluar el impacto de ambos modelos sobre la calidad del agua. Se trabajó con un total de 8 tambos en cada categoría. Las muestras de agua se obtuvieron semestralmente, durante 3 años consecutivos, y sobre ellas se realizaron análisis químicos (pH, Sales Totales, Dureza, Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Amoníaco, Calcio, Magnesio, Flúor y Arsénico) y bacteriológicos. No pudo demostrarse, en ninguno de los dos grupos, un incremento estadísticamente significativo de la salinidad total del agua durante el período de estudio, aún cuando en algunos megatambos hubo evidencias de este proceso. En el primer muestreo se encontró, en un cierto porcentaje de muestras, un número de bacterias coliformes por encima de los valores permitidos para consumo humano. Al implementarse medidas correctivas, en los sucesivos muestreos los resultados fueron negativos, sin evidencias de contaminación fecal. En ambos grupos, se halló un porcentaje importante de muestras con tenores de Sales Totales, Sulfatos, Flúor y Arsénico por encima de los límites recomendados para bovinos lecheros.

Palabras clave: calidad de agua, tambos, La Pampa.

Water quality evolution in dairy farms of the province of La Pampa, Argentina.

SUMMARY

The objective of this study was to determine the water quality evolution in dairy farms of the Province of La Pampa, Argentina. The hypothesis that mega-dairy farms, because of their high animal population (400-700 cows), could cause water salinisation, due to an excessive use of ground water, and ground water contamination, as a result of accumulation of waste, was posed. We decided to compare then with medium dairy farms (100 to 250 cows) to evaluate the impact of both models on water quality. We worked with 8 dairy farms in each category. During 3 consecutive years, samples of water were obtained every 6 months. Chemical (pH, Total Salinity, Hardness, Sulfates, Chloride, Nitrates, Nitrites, Ammoniac, Calcium, Magnesium, Fluorine and Arsenium) and bacteriological analyses were performed in each sample. A statistically significant increase of the water Total Salinity could not be demonstrated in neither of the two groups. However, in a few dairy farms, evidence of salinisation was found. A number of coliform bacteria above the tolerated values for human consumption, and belonging to a certain percentage of samples, was found within the first sampling. After corrective procedures were carried out, the results were negative in the

successive samplings, without evidence of fecal contamination. In both groups, an important percentage of samples with Total Salinity, Sulfates, Fluorine and Arsenium levels above the advisable limits for dairy cattle was found.

Key words: water quality, dairy farms, La Pampa, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El agua es un nutriente básico para todo el reino animal y vegetal. Por ello es esencial realizar un análisis de la calidad del agua de bebida al comenzar cualquier explotación ganadera y, en explotaciones intensivas, repetirlo periódicamente por la posibilidad de su posterior contaminación y salinización.

La suma de todas las sales minerales disueltas en el agua se denomina Salinidad Total o Sólidos Totales Disueltos (STD). La salinidad por debajo de los 1.000 mg/litro es excelente para uso animal en general. De 1.000 a 3.000 mg/L es satisfactoria, y de 3.000 a 5.000 mg/L, regular. Aunque, el ganado lechero puede adaptarse a altas concentraciones, soportando un rango de 5.000 a 7.000 mg/l (NRC, 1974), en este trabajo se considerará como límite máximo permitido los 5.000 mg/L.

En estudios realizados en establecimientos de la cuenca de abasto de Buenos Aires, los STD promediaron los 1.005 mg/L, pero en las zonas de 9 de Julio y Lezama (ambas en la provincia de Buenos Aires) se halló una media de 4.686 mg/L y de más de 6.000 mg/L, respectivamente (Lagger y Vacarezza, 1995).

Con respecto a la dureza del agua, distintos trabajos han demostrado que ni el consumo de agua ni la producción animal se ven afectados por el consumo de aguas duras (Blosser y Soni, 1957). Como referencia puede tomarse la siguiente clasificación: blanda por debajo de los 100 mg de $\text{CO}_3\text{Ca/L}$, moderadamente dura entre 100 y 270, dura entre 270 y 360 y muy dura entre 360 y 470, y extremadamente dura por encima de 470 mg/L (Lagger et al., 2000). Sin embargo, en este trabajo se considerarán aguas duras en ganadería a las que se encuentran por encima de 360 mg/L. En un relevamiento, realizado en la cuenca

de abasto de Buenos Aires, muy pocos establecimientos estaban por debajo de 300 mg/L y algunos llegaron a 1.508 mg/L (Lagger y Vacarezza, 1995). Los carbonatos y bicarbonatos son los responsables de la dureza del agua, y pueden producir incrustaciones en las ordeñadoras, formando las llamadas "piedras de leche", debiéndose utilizar semanalmente una mayor cantidad de detergentes ácidos para eliminarlas. También pueden tapar los picos de las máquinas pulverizadoras.

Los cloruros (Cl^-) se presentan combinados formando sales, como cloruro de sodio (Na), de magnesio (Mg) y de calcio (Ca). Se asume para vacas lecheras una tolerancia de 2.400 mg de Cl/L (Bavera et al., 1999). El agua puede aportar cantidades importantes de Na, generalmente como cloruros y sulfatos, lo cual es de relevancia nutricional debido a que las pasturas generalmente son bajas o marginales en Na (McDowell, 1992). Se ha demostrado que la fertilización con Na incrementa la concentración del mineral en los pastos, el consumo de alimento y la producción de leche (Chiy y Phillips, 1998).

Los sulfatos pueden contribuir al aporte de azufre de la dieta, y así, a la síntesis de aminoácidos azufrados a nivel ruminal, sobre todo con alimentos bajos en proteína. Sin embargo, en cantidades excesivas pueden ser nocivos para los rumiantes, por su efecto osmótico (cuando forma sales de Na o de Mg) y porque pueden contribuir a la aparición de deficiencias de cobre secundarias, debido a la formación de sulfuro o tiomolibdato de cobre a nivel ruminal (Suttle, 1991). A causa de la posibilidad de adaptación de los animales a variaciones razonables de osmolaridad en el agua, en el primer caso, y considerando que los alimentos ofrecidos a los bovinos pueden variar en la cantidad de cobre biodisponible, en el segundo caso, no puede

establecerse con seguridad, y para todas las situaciones, un nivel máximo recomendable. De acuerdo a ello, entonces, este nivel puede ser de 1.000 mg/L o de 1.500 mg/L en vacas lecheras, aunque por encima de 700 mg/L no son recomendables para preparar sustitutos lácteos (Squires, 1993; Naylor, 1991; Bavera et al., 1999). En un relevamiento realizado en la provincia de Buenos Aires se halló una media de 200 mg/L, y un máximo de 1.200 mg/L (Lagger y Vacarezza, 1995).

La presencia de nitratos en el agua de bebida puede deberse a una contaminación bacteriana a partir de los efluentes de establecimientos intensivos o a un exceso de fertilización nitrogenada (generalmente, con urea), que llega a las napas de agua. A nivel ruminal, los nitratos se metabolizan a nitritos, que al absorberse se combinan con la hemoglobina formándose metahemoglobina, la que impide el transporte de oxígeno, y de allí su potencial toxicidad (Essig et al., 1993). Los máximos niveles aceptables de nitratos son 45 mg/L en humanos (OSN, 1970) y de 200 mg/L (Squires, 1993) a 440 mg/L (NRC, 1974) en animales. En cuanto a nitritos, los valores son 0,1 mg/L en humanos (OSN, 1970) y 33 mg/L en animales (NRC, 1974).

La presencia de minerales puede producir variaciones en el pH del agua. Según NRC (1988), rangos de pH 6 a 9 son satisfactorios para el ganado.

El Flúor (F) es generalmente considerado como un elemento tóxico para los animales domésticos y el hombre. Existen, sin embargo, resultados conflictivos en animales de laboratorio con respecto a su esencialidad (NRC, 1980; Underwood y Suttle, 1999). La toxicidad por F produce anomalías en dientes y huesos. Normalmente, los casos de presentación natural son crónicos, y por ende, más comunes en vacas de cría y ganado lechero. Puede aparecer moteado de dientes en vacas que beben aguas con 4-5 ppm de F (McDowell, 1992). En un relevamiento realizado en el norte de la provincia de La Pampa, las concentraciones promedio de F en agua variaron estacionalmente entre 2,13 y 5,22 mg/L (Pechin et al., 1995).

El arsénico (As) se encuentra en estado tri o pentavalente (NRC, 1980). La forma

trivalente, la más común en la naturaleza, bloquea específicamente las enzimas lipoato-dependientes y es más tóxica que la forma pentavalente (NRC, 1980). Los signos de una intoxicación aguda en bovinos son cólicos, diarrea, depresión marcada y dermatitis. También pueden presentarse casos de intoxicación crónica, con signos más solapados (NRC, 1980). El límite máximo permitido de As en agua de bebida para consumo humano es de 0,05 mg/L, según el CAA (2000). Para consumo animal, frecuentemente se consideran aceptables niveles menores a 0,20-0,30 mg/L, aunque los límites podrían ser más altos. En las regiones semiáridas y áridas de nuestro país, que comprenden buena parte de la provincia de La Pampa, existen grandes áreas con aguas que poseen elevadas concentraciones de As (Pechin, 1994). En el relevamiento ya citado (Pechin et al., 1995), realizado en la zona norte de La Pampa, se encontraron valores de As en agua entre 0,12 y 0,30 mg/L.

El conocimiento de la calidad del agua de bebida en el medio rural permitirá establecer las bases de una política de protección de las fuentes de agua, preservando el medio ambiente para el bienestar animal y humano. En la Cuenca Lechera de La Pampa se han establecido recientemente varios megatambos, establecimientos de producción intensivos. Las consecuencias de este tipo de explotaciones pueden ser las grandes acumulaciones de efluentes sin tratamiento y la salinización de las napas por excesivo consumo de agua. En algunas muestras de agua remitidas para su análisis al Laboratorio de Calidad de Agua, de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam., se ha encontrado una creciente concentración de minerales (salinización) y de nitratos en el agua; lo cual ha estimulado un estudio más sistemático de la región.

El objetivo de este trabajo fue comparar la evolución a través del tiempo de la calidad físico-química del agua y su contaminación bacteriana fecal, realizando un relevamiento en megatambos y tambos medianos de la Cuenca Lechera de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con la totalidad de los megatambos (8) de las zonas subhúmeda y semiárida de la provincia de La Pampa, los que tenían entre 400 y 7000 vacas en ordeño. Se muestrearon, además, 11 establecimientos pertenecientes al estrato de tambos medianos de entre 100 y 250 vacas en ordeño, ubicados en la misma zona. Estos últimos tienen un consumo relativamente bajo de agua, lo que permitiría la recuperación de las napas. Tres establecimientos medianos abandonaron la actividad lechera en el transcurso del ensayo.

En ambas categorías de tambos, se realizaron 2 muestreos de agua por año, cada 6 meses, durante 3 años consecutivos, de manera de totalizar 6 muestreos por establecimiento. En cada establecimiento, se eligió la perforación más utilizada (en dos tambos de cada categoría, se eligieron dos perforaciones). De este modo se totalizaron 10 muestras por categoría de tambos. En la mayoría de los casos las perforaciones correspondían al agua utilizada en la limpieza de la sala de ordeño, el sistema de enfriado de leche y, en los casos de mediana a baja salinidad, también esta era el agua utilizada para los bebederos de los potreros cercanos a la sala de ordeño.

Las muestras de agua se obtuvieron del caño del molino o la bomba o de la canilla, en un recipiente de plástico limpio para el caso de análisis físico-químico de agua (1,5 L) y en un recipiente estéril para determinaciones bacteriológicas (0,25 L). Las muestras así obtenidas se conservaron refrigeradas hasta su procesamiento en el laboratorio.

Para el análisis físico-químico de las muestras se utilizaron los métodos aprobados por la ex-Obras Sanitarias de la Nación (OSN, 1970), según se detalla a continuación:

Características macroscópicas :

Olor, color, sabor, sedimentos y partículas en suspensión.

Análisis químicos :

- pH, con peachímetro digital.
- Sólidos Totales Disueltos, por el método gravimétrico.
- Dureza, titulación con EDTA-negro de eriocromo T.
- Cloruros, por titulación con nitrato de plata-bicromato de potasio.
- Sulfatos, por precipitación con clorhidrato de bencidina y titulación NaOH-fenolftaleína.
- Nitratos, por el método colorimétrico de la brucina-ácido sulfúrico.
- Nitritos, por colorimetría, reacción del ácido sulfanílico- α naftilamina.
- Magnesio, por el método colorimétrico del amarillo de titanio-NaOH.
- Flúor, por colorimetría, reacción de la alizarina S-oxicloruro de Zn.
- Arsénico, por la técnica colorimétrica de Gutzeit modificada, utilizando dietil ditio carbamato de plata.
- Calcio, por titulación con EDTA calcón carbónico.
- Amoníaco por colorimetría, reacción con fenol-hipoclorito alcalino.

Para los análisis bacteriológicos se utilizó el método IV de Wilson (CITECA, 1983), determinación de bacterias aeróbicas mesófilas y psicrófilas, bacterias coliformes, *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella sp.*, estafilococos patógenos y estreptococos fecales.

Los resultados recolectados fueron comparados con los límites máximos permitidos para composición química, de acuerdo a las consideraciones vertidas anteriormente, y para análisis bacteriológicos por Código Alimentario Argentino (CAA, 2000).

Con los valores de STD hallados a través del tiempo se realizó un análisis de regresión, dentro de cada grupo de tambos (Steel y Torrie, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Calidad del agua en los megatambos (primer y último muestreos).

| Item | Primavera de 1997 | Otoño de 2000 |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| STD (mg/L) | 2.797 ± 2.254 (2) ^a | 3.426 ± 2.668 (3) |
| pH | 7,64 ± 0,29 | 7,62 ± 0,24 |
| DT (mg de CaCO ₃ /L) | 597,0 ± 438,0 (6) | 880,1 ± 627,0 (9) |
| Cl (mg/L) | 818,9 ± 773,7 | 1.041,0 ± 1.019,0 |
| SO ₄ (mg/L) | 589,7 ± 490,3 (2) | 459,1 ± 340,6 (0) |
| Ca (mg/L) | 84,9 ± 56,0 | 122,6 ± 84,2 |
| Mg (mg/L) | 129,3 ± 97,85 | 222,2 ± 217,8 |
| NO ₃ (mg/L) | 36,1 ± 24,9 | 41,77 ± 13,9 |
| NO ₂ (mg/L) | 0,06 ± 0,11 | 0,03 ± 0,06 |
| NH ₃ (mg/L) | 0 | 0 |
| F (mg/L) | 1,72 ± 1,10 (0) | 0,51 ± 0,33 (0) |
| As (mg/l) | 0,05 ± 0,04 (0) | 0,02 ± 0,01 (0) |
| Escherichia coli (+) | 2 ^b | 0 |

^a Los valores entre paréntesis expresan el número de muestras por encima de 5.000 mg de STD/L, 1.000 mg de SO₄/L, 360 mg de DT/L, 5 mg de F/L y 0,30 mg de As/L, respectivamente.

^b Número de muestras por encima de 3 UFC de bacterias coliformes/dl y positivas a E. coli.

Tabla 2. Calidad del agua en los tambos medianos (primer y último muestreos).

| Item | Primavera de 1997 | Otoño de 2000 |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| STD (mg/L) | 3.577 ± 1.984 (2) ^a | 3.616 ± 2.613 (2) |
| Ph | 7,75 ± 0,32 | 7,67 ± 0,36 |
| DT (mg de CaCO ₃ /L) | 585,7 ± 463,4 (7) | 564,5 ± 475,9 (7) |
| Cl (mg/L) | 974,0 ± 695,0 | 791,8 ± 765,8 |
| SO ₄ (mg/L) | 802,4 ± 556,7 (3) | 591,0 ± 370,0 (1) |
| Ca (mg/L) | 80,6 ± 65,5 | 78,33 ± 67,6 |
| Mg (mg/L) | 105,3 ± 102,3 | 138,9 ± 122,7 |
| NO ₃ (mg/L) | 39,6 ± 34,8 | 21,31 ± 15,87 |
| NO ₂ (mg/L) | 0,04 ± 0,12 | 0,16 ± 0,15 |
| NH ₃ (mg/L) | 0 | 0 |
| F (mg/L) | 3,02 ± 2,28 (2) | 2,55 ± 3,03 (3) |
| As (mg/l) | 0,17 ± 0,19 (3) | 0,06 ± 0,11 (0) |
| Escherichia coli (+) | 2 ^b | 0 |

^a Los valores entre paréntesis expresan el número de muestras por encima de 5.000 mg de STD/L, 1.000 mg de SO₄/L, 360 mg de DT/L, 5 mg de F/L y 0,30 mg de As/L, respectivamente.

^b Número de muestras por encima de 3 UFC de bacterias coliformes/dl y positivas a E. coli.

Los resultados de los análisis de regresión realizados en ambos grupos de tambos revelan que no hubo un efecto significativo del tiempo sobre la calidad del agua, medida en términos de STD (la pendiente de la recta de regresión no fue distinta de cero) (Gráficos 1 y 2). En

términos de STD, la enorme variabilidad hallada entre tambos fue la causa de que los valores de R² fueran muy bajos. De todos modos, debido a que en los megatambos se observa una tendencia a la salinización parece razonable recomendar un seguimiento de los mismos, teniendo en

cuenta que las precipitaciones en los últimos tres años en la zona estuvieron por encima del promedio histórico, lo cual probablemente significó una mejor recarga de los acuíferos. Sin embargo, en algunos casos individuales, hubo algunos cambios importantes. Por ejemplo, en el megatambo Nro. 1, ubicado en la zona de Santa Rosa, los STD se incrementaron de 6.540 a 8.835 mg/L entre el primer y el último muestreo.

Aún cuando numéricamente existen diferencias en algunos parámetros (DT, Ca, Cl y Mg) entre el primer y último muestreo en megatambos, en ninguno de ellos el estudio de regresión arrojó pendientes distintas de cero.

En cuanto a la contaminación bacteriana (niveles mayores de 3 unidades formadoras de colonias, UFC, de coliformes/100 ml, y positivas a *E. coli*) hallada en algunas muestras al comienzo del ensayo, se solucionó con la limpieza y desinfección de tanques y cañerías. De esta manera, desde el segundo muestreo en adelante no se hallaron muestras con evidencias de contaminación fecal. Este es un dato que cobra valor si se considera que todas las napas estaban cercanas a las lagunas que recogían los efluentes de los tambos, y revela que aún no es un problema de la magnitud que ha alcanzado en países con producciones animales más intensivas. En Europa y Estados Unidos el manejo de los efluentes está a cargo de expertos y totalmente legislado, obligando a los productores a tener instalaciones impermeables para 6 meses de efluentes, con un plano y un cronograma de distribución. Los efluentes, que son ricos en potasio, fósforo y nitrógeno, son utilizados, previo análisis del suelo, para la fertilización de potreros con pasturas.

Los conteos de bacterias aeróbicas

estuvieron siempre por debajo del máximo permitido por el CAA (2000) y todos los muestreos fueron negativos a *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella sp.*, estafilococos patógenos y estreptococos fecales.

Aún cuando las perforaciones con aguas de elevada salinidad (más de 5.000 mg/L) no fueron utilizadas para bebida de los animales, sus efectos nocivos sobre cañerías e instalaciones deben ser destacados, ya que acortan la vida útil de los mismos. Los valores elevados de DT dificultan el lavado convencional de los equipos de ordeñe (al saponificar los detergentes), pudiendo afectar la calidad final de la leche, u obligar al lavado repetido de los mismos con detergentes ácidos.

En las muestras de los tambos medianos se observó un cierto porcentaje con tenores elevados de As y F, minerales cuyo contenido no tiene una correlación positiva con la salinidad total. Efectivamente, todas las muestras altas en As y F tenían una salinidad de baja a moderada, y eran bebidas por la hacienda.

En general, las muestras con niveles elevados de sulfatos tenían una salinidad total elevada, de manera que ya habían sido descartadas por los propietarios para su uso como agua de bebida, debiendo recurrirse a otras perforaciones.

Los valores de nitratos, de nitritos y de amoníaco, indicadores de contaminación bacteriana o por fertilizantes, no aparecieron elevados en ningún muestreo, lo que coincide con los análisis bacteriológicos, y revela, además, que la fertilización nitrogenada (generalmente con urea) de los potreros cercanos al tambo no alcanzan a producir aún ninguna consecuencia nociva sobre las napas.

(x 1000)

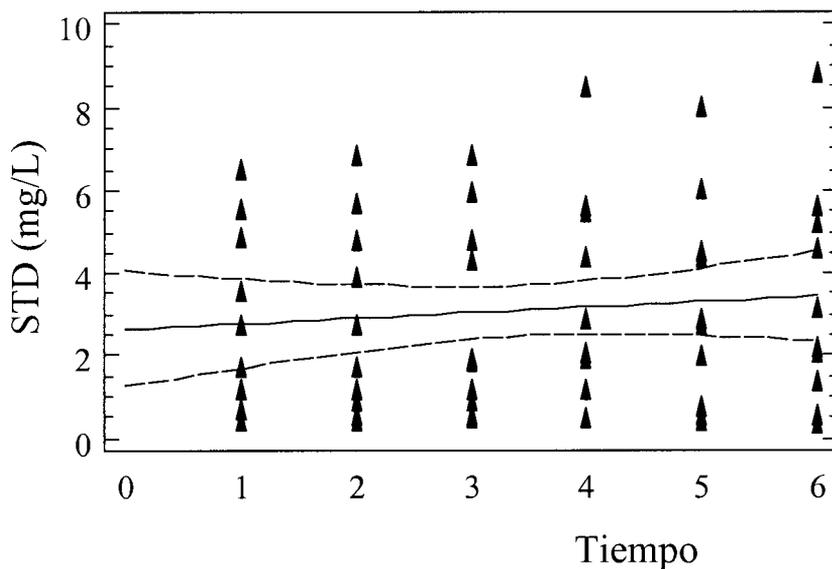


Gráfico 1. STD (mg/L) en las muestras de agua provenientes de los megatambos, a lo largo del tiempo (Intervalo de Confianza al 95%).

$STD (mg/L) = 2.644,3 + 131,8 \times tiempo.$ $p = 0,47.$ $R^2 = 0,009.$

(x 1000)

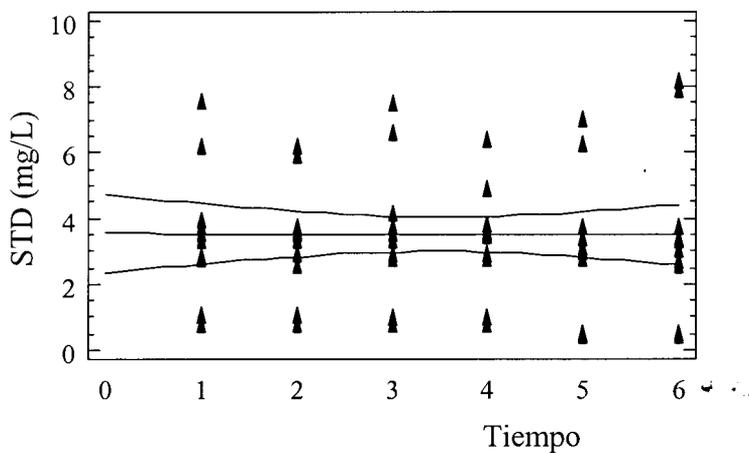


Gráfico 2. STD (mg/L) en las muestras de agua provenientes de los tambos medianos, a lo largo del tiempo (Intervalo de Confianza al 95%).

$STD (mg/L) = 3.531,2 - 6,7 \times tiempo.$ $p = 0,96.$ $R^2 = 0,00.$

CONCLUSIONES

Durante el período estudiado no pudieron demostrarse evidencias de salinización o contaminación de las napas de agua, en ninguna de las categorías de

tambos observadas en La Pampa. No obstante, es un aspecto cuya evolución que se debería seguir controlando en el futuro, por su influencia en la producción lechera y en la salud humana y animal

BIBLIOGRAFÍA

BAVERA, G.A.; BEGUET, H.A.; BOCCO, O.A. -1999- Aguas de bebida para bovinos. Edición de los autores. Río Cuarto, Argentina.

BLOSSER, T.H.; SONI, B.K. -1957- Comparative influence of dietary of hard and soft water on milk production in dairy cows. *J. Dairy Sc.* 40: 1519.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA EN CARNES (CITECA), Rep. Arg. Manual de Referencia. Primera Edición. 1983.

CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (CAA), actualizado. 2000. Ed. de la Canal y Asociados. Capítulo XII, art. 982.

CHIY, P.C.; PHILLIPS, C.J.C. -1998- El sodio en la nutrición de las vacas lecheras. En: Avances de la ciencia de la producción lechera. C.J.C. Phillips. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

ESSIG, H.W.; HUNTINGTON, G.B.; EMERICK, R.J.; CARLSON, J.R. -1993- En: El rumiante. Fisiología Digestiva y Nutrición. C.D. Church. Ed. Acribia. Zaragoza. España.

LAGGER, J.; VACAREZZA, D. Calidad de agua en rodeos lecheros en Argentina. VIII Jornadas Latinoamericanas y II Jornadas Chilenas de Buiatría. Osorno, Chile, 7 y 8 de noviembre de 1995.

LAGGER, J.R.; MATA, H.T.; PECHIN, G.H.; LARREA, A.T.; OTROSKY, R.N.; CESÁN, R.O; CAIRNIE, A.G.; MEGLIA, G.E. 2000. La importancia de la calidad del agua en producción lechera. *Vet. Arg.* Vol. XVII, N° 165: 346-354.

MCDOWELL, L.R. 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press. San Diego. California. USA.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) -1974- Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry. National Academy Press. Washington, DC. USA.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) -1980- Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Academy Press. Washington, DC. USA.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) -1988- Nutrient Requirements of dairy cattle. Sixth Revised Edition. National Academy Press. Washington, DC. USA.

NAYLOR, J.M. -1991- Water: requirements and problems. In: Large animal clinical nutrition. J.M. Naylor and S.L. Ralston, Eds. Mosby-Year Book. St. Louis, Missouri, USA. p. 90-95.

OBRAS SANITARIAS DE LA NACIÓN. Dirección de Química y Tecnología. -1970- Métodos para examen de agua y líquidos cloacales. 111 p.

PECHIN, G.H. Deficiencias minerales en rumiantes en la Provincia de La Pampa. VII Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires, 8 al 11 de noviembre de 1994. Memorias del Congreso. p. 118.

PECHIN, G.H.; CSEH, S.; CORBELLINI, C.N.; IDIART, J.L.; MORALEJO, R.H.; VISCONTI, M.; DRAKE, M. Y YARRAR, M. -1995- Estudio de las deficiencias minerales en bovinos de carne en el departamento Maracó, provincia de La Pampa, Argentina. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15: 492-494.

SQUIRES, V.R. -1993- Agua y sus funciones, regulación y empleo comparativo en rumiantes. En: El rumiante. Fisiología Digestiva y Nutrición. C.D. Church. Ed. Acribia. Zaragoza. España.

STEEL, R.G.D. Y TORRIE, J.H. -1992- Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. Méjico. p. 231-262.

SUTTLE, N.F. -1991- The interactions between copper, molybdenum, and sulphur in ruminant nutrition. *Annu. Rev. Nutr.* 11: 121-140.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. -1999- The mineral nutrition of livestock. Third Edition. CABI Publishing. Oxon, United Kingdom.