

IMPACTO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA BEBIDA ANIMAL EN RELACIÓN A PARÁMETROS PRODUCTIVOS, COMPOSICIONALES Y REPRODUCTIVOS

REVELLI, G. R.¹; SBODIO, O. A.²; TERCERO, E. J.² & UBERTI, M.¹

RESUMEN

Muestras de agua subterránea de 36 establecimientos lecheros pertenecientes a la Cooperativa Tampera Nueva Alpina Ltda., fueron recolectadas entre Enero de 1997 y Diciembre de 2001.

Se realizaron análisis fisicoquímicos (pH, Conductividad, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Salinidad, Sulfato, Nitrato, Nitrito y Dureza Total) con el objetivo de categorizar las mismas en función a su calidad y aptitud para consumo animal.

Los datos se relacionaron estadísticamente con parámetros productivos (Promedio Litros Totales/Vacas en Ordeño), composicionales (Grasa Butirosa, Proteína Verdadera, Lactosa, etc.) y reproductivos (Intervalo Parto Concepción).

De todos los parámetros de calidad de agua analizados, las correlaciones más significativas en función a los indicadores en estudio fueron para: Sulfato vs. Grasa Butirosa ($r = -0,978$; $P < 0,05$), Dureza Total vs. Proteína Verdadera ($r = -0,978$; $P < 0,05$), Dureza Total vs. Sólidos Totales ($r = -0,956$; $P < 0,05$) y Nitrato vs. pH ($r = -0,993$; $P < 0,01$).

Esta experiencia nos alerta sobre componentes presentes en el agua que merecen ser estudiados profundamente, ya que en niveles elevados ocasionan pérdidas significativas en nuestros sistemas de producción.

Palabras clave: calidad de agua, producción lechera, composición de leche, reproducción.

SUMMARY

Impact of water quality for animal drink in relation with productive, compositional and reproductive parameters.

Samples of underground water of 36 dairy farms belonging to the Cooperativa Tampera Nueva Alpina Ltda., were collected between January of 1997 and December of 2001.

Physicochemical analysis were carried out (pH, Conductivity, Turbidity, Dissolved Oxygen, Temperature, Salinity, Sulfate, Nitrate, Nitrite and Total Hardness) with the objective of categorizing the same ones in function to their quality and aptitude for animal consumption.

The data were related statistically with productive (Average Total Liters/Milking Cows), compositional (Butyrous Fat, True Protein, Lactose, etc.) and reproductive (Interval Leave Conception) parameters.

1.- Laboratorio Integral de Servicios Analíticos (L.I.S.A.). Cooperativa Tampera Nueva Alpina Ltda. (2340) Ceres, provincia de Santa Fe, Argentina. e-mail: lisa@inthersil.com.ar

2.- Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Instituto de Tecnología de Alimentos (I.T.A.). Casilla de Correo 266, Santa Fe, Argentina.

Manuscrito recibido el 24 de abril de 2002 y aceptado para su publicación el 7 de junio de 2002.

Among all parameters of water quality analyzed, the most significant correlation in function to the indicators in study were for: Sulfate vs. Butyrous Fat ($r = -0,978$; $P < 0,05$), Total Hardness vs. True Protein ($r = -0,978$; $P < 0,05$), Total Hardness vs. Total Solids ($r = -0,956$; $P < 0,05$) and Nitrate vs. pH ($r = -0,993$; $P < 0,01$).

This experience alert us about components present in the water that deserve to be studied deeply, because high levels cause significant losses in our production systems.

Key words: water quality, dairy production, milk composition, reproduction

INTRODUCCIÓN

El agua es el compuesto químico más abundante en la superficie de la tierra, formada a nivel molecular por dos elementos: hidrógeno y oxígeno, combinados en la proporción de dos átomos de hidrógeno por cada átomo de oxígeno.

En las distintas especies, los procesos vitales internos siempre se cumplen en un medio acuoso, ya que el agua es el elemento más importante del protoplasma celular.

Los animales superiores sometidos a una restricción alimenticia pueden soportar la pérdida total de su grasa y tolerar una disminución cercana a la mitad de la proteína corporal sin comprometer la vida, pero la pérdida de una quinta parte de su contenido acuoso puede ocasionarles la muerte por deshidratación, lo que evidencia la importancia del agua en la existencia y la actividad de los animales (Bavera *et al.*, 1999).

Se necesita una buena disponibilidad de excelente calidad de agua para la fermentación normal del rumen y el buen funcionamiento metabólico, con el objetivo de lograr una buena digestión y absorción de nutrientes, además de mantener la elasticidad de los tejidos, la fluidez de la sangre, la producción de secreciones, etc. (Chase & Sniffen, 1988; Adams & Sharpe, 2001). Otro aspecto de fundamental importancia es el comportamiento del agua como lubricante ideal en

el transporte de los alimentos, regulador de la temperatura corporal, agente buffer regulador del pH de los fluidos orgánicos (acidez o alcalinidad), y en la disolución de urea, ácido úrico, fosfatos y otros minerales por fácil pasaje a través del tracto urinario (Harris & Van Horn, 1992).

La leche que producen las glándulas mamarias de los bovinos está constituida por un 85 a 88 % de agua. De ahí la importancia de la adecuada ingestión de agua de excelente calidad en las vacas lecheras, de lo contrario la producción decrece en forma manifiesta (Walstra & Jenness, 1984; Bavera *et al.*, 1999).

El porcentaje de agua en peso de un animal es variable, entre el 50 y 75 % según la edad y estado corporal (Herrero *et al.*, 1996). La disminución de un 6 % del contenido de agua del organismo comienza a ocasionar disturbios afectando la productividad, y al disminuir un 10 %, decae drásticamente la producción de leche y carne (Jarsun, 1987). Esto, también puede ocurrir por rechazo de la ingesta de agua de calidad deficiente por parte del animal (Grant, 2000). Una disminución del consumo de agua del 13 % puede provocar un descenso de la producción de leche del orden del 7,5 % (Bavera *et al.*, 1999).

De acuerdo a un relevamiento realizado por el International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) en los países de Europa del este, la peor calidad de agua subterránea disponible se encuentra en los

sectores rurales (IIASA, 1996).

En Argentina, existen trabajos que reflejan la situación global, algunos de los cuales manifiestan limitaciones con respecto a calidad de agua y su uso para consumo animal, en especial por elevados niveles de salinidad y sulfato (Herrero, 1987; Charlón *et al.*, 2001; Iramain *et al.*, 2001), mientras que otros han logrado demostrar altos niveles de contaminación, correlacionados positivamente con el contenido de nitrato en aguas de pozo del sector rural, y con mayor grado en el sector ganadero que el agrícola (Auge & Nagy, 1996). Un estudio realizado por Taverna *et al.* (2001) evaluó el efecto de distintos tratamientos de agua para consumo de vacas lecheras y su impacto sobre la producción y la composición química de la leche, no observando variaciones significativas al comparar un agua testigo con niveles de salinidad, sulfato y dureza total expresada como CaCO_3 de 2.280, 617 y 115 mg/L, respectivamente, con respecto a aguas tratadas por tecnologías de campo magnético y ósmosis inversa.

Revelli & Rodríguez (2001) llevaron a cabo estudios en la zona sobre prevalencia de agentes etiológicos causales de mastitis bovina y su respuesta a la sensibilidad antimicrobiana, encontrando una alta incidencia de microorganismos ambientales (Enterobacterias, *Pseudomonas* y *Enterococos*), relacionados directamente con la contaminación de agua subterránea utilizada en los tambos, y correlacionándose a su vez con una alta carga de nitrato y nitrito.

Investigaciones realizadas en nuestro país manifiestan que el agua destinada para consumo animal aporta como promedio el 31 % de calcio, el 38 % de magnesio y el 98 % de sodio en el total de la ingesta diaria (Jarsun, 1987).

Diversos trabajos sostendrían la hipótesis de que las variaciones en la concentración

de los macronutrientes de la fase acuosa de la leche (lactosa, sodio, potasio y cloruros), podrían ser el producto de alteraciones en los mecanismos fisiológicos de la secreción, promovidos por la ingesta de agua con elevados niveles de salinidad (Mouillet *et al.*, 1975; Zannier *et al.*, 2002).

El incremento en la demanda del recurso agua y la disminución en la disponibilidad, particularmente por el deterioro en su calidad, generan problemas de creciente gravedad para el abastecimiento de zonas agropecuarias sujetas a una creciente intensificación (Orlando *et al.*, 1998). En nuestro país, el consumo promedio es de 50 a 60 L por animal en vacunos para carne y de 70 a 100 L en vacunos que son destinados para leche (Herrero *et al.*, 1997).

En el área estudiada, el Laboratorio Integral de Servicios Analíticos (L.I.S.A.), realizó en el año 1996 un relevamiento de los 43 establecimientos que pertenecían a la Cooperativa Tampera Nueva Alpina Ltda., encontrando datos preocupantes especialmente en niveles promedio de salinidad y sulfato de 5.550 y 1.500 mg/L, respectivamente. El 53 % de los establecimientos poseían agua no aconsejable para consumo animal y no aptas para animales en etapa de lactancia (Revelli, no publicado).

El propósito de la presente experiencia es conocer la relación que existe entre indicadores de calidad de agua para bebida animal con parámetros productivos, composicionales y reproductivos, atentos a factores que podrían influenciar negativamente en nuestra área de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de agua subterránea de 36 establecimientos lecheros pertenecientes a la Cooperativa Tampera Nueva

Alpina Ltda., ubicada en el departamento Rivadavia, provincia de Santiago del Estero, Argentina. Las mismas fueron recolectadas de pozos y perforaciones, por personal del laboratorio L.I.S.A. entrenado para tal fin, durante los años 1997 – 2001, siendo la totalidad de las aguadas analizadas destinadas para bebida animal. Se dejó purgar la descarga de agua durante un lapso de 10 minutos y luego se recogió en recipientes de plástico esterilizados con tapa a rosca de 1.000 ml de capacidad. La frecuencia de muestreo fue aleatoria, considerando relevar todos los tambos en estudio durante el período de duración de la experiencia. Se transportaron al laboratorio en forma refrigerada a 7 °C y se procesaron dentro de las 48 h de su recolección.

Muestras de leche representativas de dos y cuatro ordeños fueron recolectadas durante el mismo tiempo experimental, caracterizando cada uno de los establecimientos analizados con una frecuencia de 15 días, bajo la coordinación general del “Programa de Mejoramiento Integral de Calidad de Leche”, vigente en la Cooperativa desde el año 1995 (Revelli, 2000). Se utilizaron para tal fin colectores plásticos estériles con tapa a rosca de 120 ml de capacidad. Las muestras para los análisis fisicoquímicos se obtuvieron siguiendo el mismo criterio de muestreo utilizado por la empresa receptora (SanCor Cooperativas Unidas Ltda.) para el pago por calidad (volumen representativo del total de leche contenido en el equipo de frío, tomado al momento de la recolección). Las muestras para los análisis bacteriológicos fueron tomadas directamente del equipo de frío con cucharines de acero inoxidable, esterilizados previamente en autoclave a 121 °C – 1atm. de presión, durante 15 minutos. Todas las muestras se transportaron al laboratorio en forma refrigerada a 7 °C, sin el agregado de conservantes y se analizaron

dentro de las 24 h de su recolección.

Bajo un marco productivo de 70.000 L/día, con 5.900 vacas en ordeño y un promedio de 2.000 L de leche/día por tambo, la alimentación en general está dada por pastoreo directo en base alfalfa, suplementada de manera constante, expresando valores de consumo por vaca/día, en relación pasto/concentrado de 70/30 en los meses de verano (alfalfa: 12 K MS y grano húmedo maíz o sorgo: 2,5 K MS) y 50/50 en los meses de invierno (alfalfa: 6 K MS, avena: 2 K MS, grano húmedo maíz o sorgo: 3,5 K MS, silo maíz o sorgo: 3 K MS, heno de alfalfa: 0,50 K MS y semilla de algodón: 2,2 K MS).

El perfil de los suelos involucrados en el estudio muestra niveles de pH levemente ácidos (6,4) con deficiencias en nitrógeno (nitrógeno total: 0,09 %, nitrógeno nítrico: 8 ppm y nitrato: 36 ppm) y valores aceptables en fósforo y potasio de 79 y 246 ppm, respectivamente.

Los indicadores productivos y reproductivos se analizaron con el programa SIS-TAMBO Versión 2.0 (2000), definiendo el Promedio Litros Totales/Vacas en Ordeño (PLTVO) como la media de litros totales medidos en relación al número de animales en ordeño, el Intervalo parto Concepción (IPC) como el tiempo medido en días entre la fecha de parto y la primer concepción confirmada por tacto rectal, tomando como referencia la fecha del último servicio, la Eficiencia de Detección de Celo (EDC) como el total de ciclos dividido la sumatoria de ciclos normales más dos por ciclos dobles del normal más tres por ciclos triples del normal, excluyendo los ciclos irregulares y tomando como ciclo normal 17 a 24 días y el Índice de Inseminación (II) como el total de servicios sobre el total de preñeces. El tratamiento estadístico de los datos fue realizado con el programa STATISTICA for Windows. Release 4.5 (1993) utilizan-

do los módulos Basic Statistics and Tables (Estadística Descriptiva - Correlación de Matrices) y Nonparametrics Statistics & Dis-tribution Fitting (Estadística Inferencial- Test de Hipótesis) (Snedecor & Cochran, 1977). Se tomó como criterio de análisis para la matriz de correlaciones, los valores promedio de todos los indicadores en estudio, correspondientes a cada uno de los 36 establecimientos analizados.

Las metodologías para los análisis de agua fueron las siguientes: pH, Conductividad (C), Turbidez (T), Oxígeno Disuelto (DO), Temperatura (°C) y Salinidad (S) por Water Quality Checker U-10 Horiba (Kyoto, Japan), y para Sulfato (SO_4^{2-}), Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-) y Dureza Total (D) por Métodos Colorimétricos y Volumétricos Merck (Darmstadt, Germany).

Las metodologías para los análisis de leche corresponden a: Acidez (°D): Norma IRAM 14005: 1976, pH: Potenciometría - Horiba Cardy Twin B-113 (Kyoto, Japan), Grasa Butirosa (%GB): Nefelometría - Butilac S-190 (SIEM S.R.L. Córdoba, Argentina) calibrado vs. Rose Göttlieb, Proteína Verdadera (%PV) [$\text{PV} = (\text{NT} - \text{NNP}) \times 6,38$]: Norma FIL-IDF 20B: 1993 - Kjeldahl Foss Tecator (Höganäs, Sweden), Lactosa (% LACTOSA) y Sólidos Totales (%ST): Espectroscopía de Absorción Infrarroja (Standard Method AOAC), Crioscopía (CRIOSCOPIA): Norma FIL-IDF 108B: 1991 - Funke Gerber Cryostar Economy II GMBH (München, Alemania), Recuento Células Somáticas (RCS): Norma FIL-IDF 148A: 1995, Recuento Bacterias Totales (RB): Norma FIL-IDF 100B: 1991, y para Sodio (Na^+), Potasio (K^+) y Cloruros (Cl^-): Método Electrodo Ión Selectivo - Ilyte System Instrumentation Laboratory (IL SpA-Viale Monza 338 - 20128 Milano, Italy).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se observan los parámetros que caracterizan la composición general de calidad de agua de los 36 establecimientos en estudio, en el período comprendido entre 1997 y 2001.

Del análisis del Cuadro 1, se destacan valores de pH levemente alcalinos ($7,60 \pm 0,58$), sin excesiva turbidez ($64 \pm 145,78$ NTU) y con parámetros de oxígeno disuelto aceptables ($8,74 \pm 0,88$ mg/L).

Adquieren relevancia como factor pre-ocupante los niveles de salinidad ($0,47 \pm 0,18$ %), sulfato (SO_4^{2-}) ($1.385 \pm 663,27$ mg/L) y dureza total ($620 \pm 411,07$ mg CaCO_3/L). Analizando los valores de nitrato (NO_3^-), observamos que la media y desvío estándar de $116 \pm 132,25$ mg/L, es levemente superior a los datos referidos por Herrero *et al.* (1996), en un ensayo que caracterizó la calidad de agua en la Pradera Pampeana Argentina. Este límite no estaría causando influencias negativas, siempre y cuando los alimentos consumidos contengan bajos niveles de nitrato y las dietas aplicadas estén bien balanceadas. El valor de nitrito (NO_2^-) de $0,07 \pm 0,31$ mg/L, no ocasionaría problemas de toxicidad en aguas destinadas para bebida animal de acuerdo a Harris & Van Horn (1992).

En la Fig. 1, se presentan los bloques de distribución con las curvas normalizadas de todos los parámetros de agua analizados en el estudio.

En el Cuadro 2, observamos la composición general de calidad de leche de los 36 establecimientos en estudio, en el período comprendido entre 1997 y 2001.

Del análisis del Cuadro 2, se observan niveles aceptables de proteínas totales verdaderas representadas por un valor medio de $3,11 \pm 0,11$ g/100 ml, los cuales adquieren suma relevancia al seleccionarse la totalidad de la producción con destino a la industria

Cuadro 1: Indicadores de calidad de agua para bebida animal en el periodo 1997 – 2001.

V.Máximo	n	V.M.	D.E.	I.C. ¹	V.Mínimo
pH	117	7,60	0,58	7,49–7,71	4,64
9,48					
Conductividad (mS/cm)	117	8,52	7,94–9,09	1,77	16,50
Turbidez (NTU)	117	64	145,78	37–90	0
800					
Oxígeno Disuelto (mg/L)	117	8,74	0,88	8,58–8,90	5,11
10,72					
Temperatura (°C)	117	22,8	2,43	22,3–23,2	16,4
27,1					
Salinidad (%)	117	0,47	0,18	0,43–0,50	0,08
0,96					
Sulfato (mg/L)	117	1.385	663,27	1.263–1.506	90
2.700					
Nitrato (mg/L)	86	116	132,25	87–144	0
550					
Nitrato (mg/L)	86	0,07	0,31	0,003–0,140	0
2,5					
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	61	620	411,07	514–724	105
2.030					

¹Intervalo de Confianza 95 %.

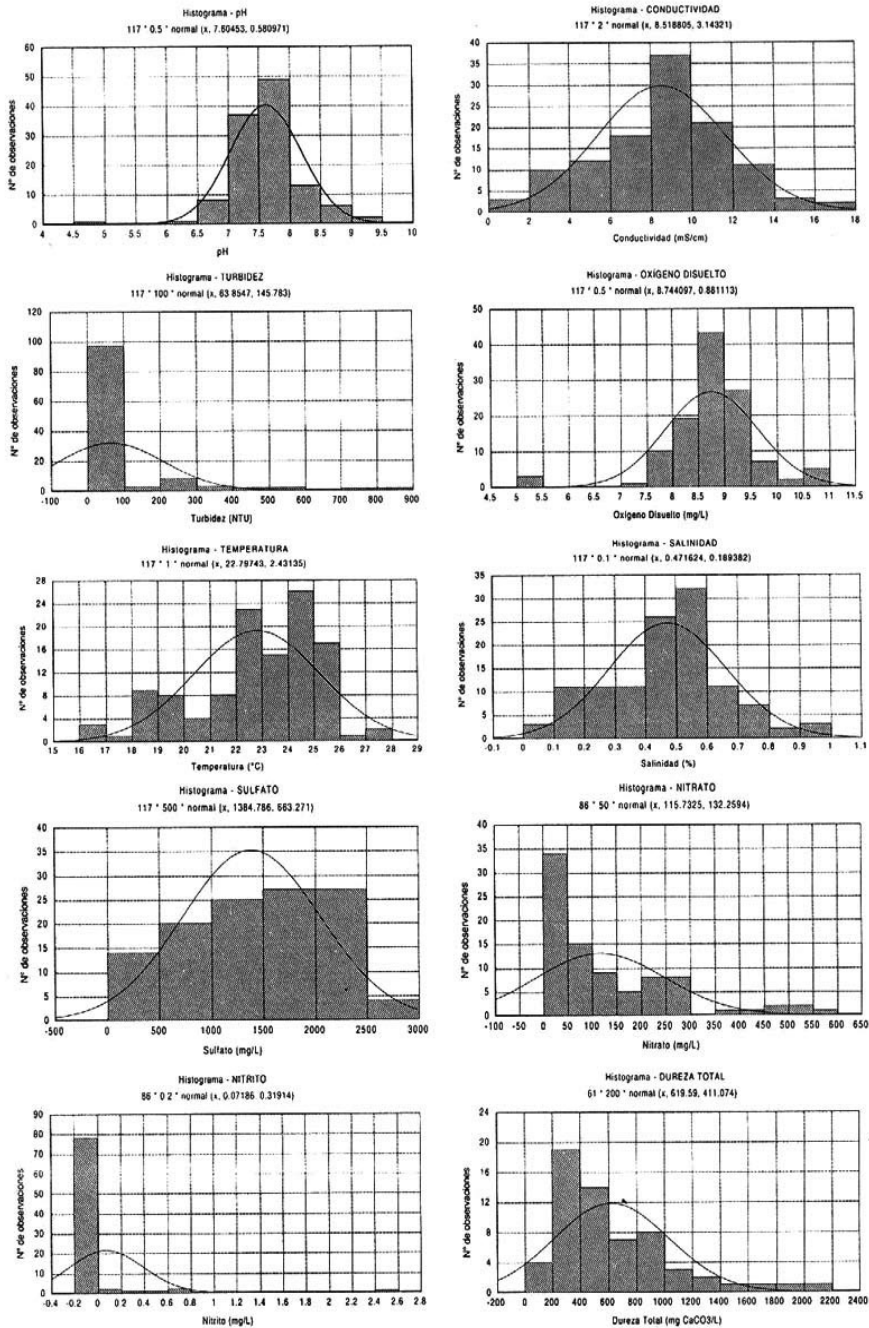


Fig 1: Distribución y curvas normalizadas de pH, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, sulfato, nitrato, nitrito y dureza total de todos los análisis de agua realizados en la experiencia.

Cuadro 2: Indicadores de calidad de leche de tambó en el período 1997 – 2001.

	n	V.M.	D.E.	I.C. ¹	V.Mínimo	V.Máximo
Acidez (°D)	4.851	16,64	0,60	16,46–16,60	14,60	20,70
pH	4.851	6,68	0,04	6,67–6,68	6,39	6,82
Grasa Butirosa (%)	4.907	3,45	0,22	3,42–3,48	2,02	4,90
Proteína Verdadera ² (%)	4.849	3,11	0,11	3,09–3,12	2,35	3,70
Lactosa (%)	984	4,78	0,15	4,76–4,80	4,03	5,27
Sólidos Totales (%)	983	12,20	0,38	12,15–12,24	9,82	14,73
Crioscopia (°C)	1.113	-0,536	0,02	-0,539–0,534	-0,619	-0,409
RCS (Cel. Som./ml)	4.851	411.000	260.000	354.941–424.313	48.000	3.867.000
RB (UFC/ml)	4.830	$9,7 \times 10^4$	$1,8 \times 10^5$	$6,5 \times 10^4$ – $9,6 \times 10^4$	$2,0 \times 10^3$	$5,2 \times 10^6$
Na ⁺ (mg/L)	184	636	172	610–661	428	1.357
K ⁺ (mg/L)	184	1.377	117	1.359–1.393	983	1.690
CL ⁻ (mg/L)	184	1.574	201	1.544–1.603	1.026	2.318

¹Intervalo de Confianza 95 %.²Proteína Verdadera = (NT – NNP) × 6,38.

quesera. Con respecto a grasa butirosa, el valor promedio de $3,45 \pm 0,22\%$ se encuentra levemente debajo del estándar aplicado por la empresa SanCor Cooperativas Unidas Ltda. para el pago de producción ($3,47\%$), lo que implica una permanente preocupación en virtud de que al manifestarse durante varios meses del año promueve penalizaciones con pérdidas económicas significativas al no lograrse los índices requeridos. Este indicador viene marcando anualmente una caída del orden de $0,04\text{ g}\%$.

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales, con un promedio de los cinco años en estudio de $9,7 \times 10^4 \pm 1,8 \times 10^5$ UFC/ml, define una aceptable calidad higiénica, valorizando el año 2001 una media sobre un total de 809 análisis de $3,5 \times 10^4$ UFC/ml, lo cual implica una importante mejoría.

El valor de células somáticas promedio de 411.000 ± 260.000 Cel. Som./ml, muestra limitaciones propias de nuestros sistemas productivos, donde aún persisten factores negativos, en especial patologías como

las mastitis, que continúan ocasionando significativas pérdidas a nivel productivo (Rajala-Schultz *et al.*, 1999), composicional (Sbodio *et al.*, 1999) y reproductivo (Schrick *et al.*, 2001).

El descenso crioscópico, establece valores normales ($-0,536 \pm 0,02\text{ }^\circ\text{C}$), sustancialmente inferiores a los datos hallados para la misma zona en estudio por Sbodio *et al.* (1997), lo que podría estar indicando un mejoramiento de la concentración de lactosa y sales solubles en los últimos años. Se observan aún problemas puntuales de aguados, según refiere valores de $-0,409\text{ }^\circ\text{C}$.

El análisis de los indicadores de sales solubles (Na^+ , K^+ y Cl^-), estudiado en los últimos tres años en la Cooperativa, muestra datos preocupantes, especialmente elevados niveles de sodio y cloruros (636 ± 172 y 1.574 ± 201 mg/L, respectivamente) con bajos niveles de potasio (1.377 ± 117 mg/L). Es sabido la limitación que esto implica, en virtud de que modifica las propiedades organolépticas de los productos terminados con el desarrollo de un acentuado sabor

Cuadro 3: Matriz de coeficientes de correlación de indicadores de calidad de agua vs. parámetros productivos, composicionales y reproductivos.

Parámetros analizables	Indicadores de calidad de agua									
	pH	C	T	DO	°C	S	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	D
PLTVO	-0,912	-0,233	0,202	0,492	0,070	-0,220	-0,174	0,656	0,474	-0,530
°D	-0,687	-0,837	0,731	0,914	-0,620	-0,814	-0,962 ^a	0,907	-0,601	-0,933
pH	0,912	0,783	-0,532	-0,938	0,507	0,765	0,802	-0,993 ^b	0,165	0,886
%GB	-0,641	-0,862	0,703	0,917	-0,666	-0,840	-0,978 ^a	0,895	-0,626	-0,907
%PV	-0,905	-0,685	0,743	0,866	-0,376	-0,658	-0,804	0,941	-0,341	-0,978 ^a
%LACTOSA	-0,397	0,550	0,555	-0,281	0,808	0,581	0,305	-0,072	0,059	-0,315
%ST	-0,787	-0,354	0,945	0,575	-0,025	-0,317	-0,611	0,692	-0,483	-0,956 ^a
FB	0,783	0,643	0,027	-0,765	0,456	0,646	0,459	-0,812	-0,383	0,467
FCS	0,767	0,408	0,121	-0,570	0,209	0,411	0,212	-0,662	-0,592	0,337
CRIOSCOPIA	0,651	-0,286	-0,669	-0,015	-0,612	-0,320	-0,055	-0,229	-0,024	0,555
Na ⁺	0,489	0,510	0,419	-0,548	0,450	0,528	0,213	-0,551	-0,604	0,087
K ⁺	0,169	0,949	-0,018	-0,805	0,999 ^b	0,959 ^a	0,828	-0,649	0,370	0,352
Cl ⁻	0,601	0,653	0,246	-0,704	0,553	0,666	0,399	-0,706	-0,447	0,273
IPC ²	0,301	0,786	0,357	-0,705	0,814	0,806	0,508	-0,610	-0,228	0,133

¹Promedio Litros Totales/Vacas en Ordeño.

²Intervalo Parto Concepción.

^a $P < 0,05$.

^b $P < 0,01$.

salado, dificultando su comercialización en mercados sensibles a estas propiedades (Tercero *et al.*, 1993).

En el Cuadro 3 se describe la matriz de correlaciones ($n = 36$) de todos los indicadores en estudio.

Analizando la matriz anterior se observa que de 140 correlaciones estudiadas bajo un modelo de regresión lineal simple, cinco fueron significativas ($P < 0,05$) y dos a ($P < 0,01$).

Aplicando el test de bondad de ajuste de Chi-Square a todos los indicadores relacionados, observamos que presentan distribución normal a nivel de ($\alpha = 0,05$) y ($\alpha = 0,01$) los parámetros de pH (agua), conductividad, temperatura, salinidad, nitrato, pH (leche), grasa butirosa, proteína verdadera, lactosa y recuento células somáticas, mientras que sólidos totales muestra distribución normal únicamente para el nivel de ($\alpha = 0,01$). El resto de los indicadores, observan distribuciones normalizadas teóricas, no cumpliendo la bondad del test de ajuste, por lo que son consideradas aproximaciones.

El indicador productivo Promedio Litros Totales/Vacas en Ordeño (PLTVO) presentó un valor medio para $n = 540$ de $15,5 \pm 0,67$ L, con un coeficiente de correlación negativo de ($r = -0,912$) con respecto al pH del agua, lo cual podría explicarse como consecuencia de que aguas con excesiva alcalinidad desmejoran notoriamente la palatabilidad, disminuyendo el consumo y deprimiendo los niveles de producción. Comparado con los índices de salinidad, sulfato y dureza total, se observó una leve correlación negativa no significativa, concluyendo que este indicador no sufre alteraciones como consecuencia de elevados niveles de estos componentes.

En el análisis de los indicadores composicionales se observa que los parámetros de grasa butirosa, proteína verdadera y sólidos totales presentan correlación negativa

significativa ($P < 0,05$), a saber: SO_4^{2-} vs. %GB ($r = -0,978$), D vs. %PV ($r = -0,978$) y D vs. %ST ($r = -0,956$), lo cual expresa el considerable impacto del sulfato y la dureza total del agua en la disminución de los sólidos de leche, no coincidiendo estas conclusiones con los resultados encontrados por Taverna *et al.* (2001) para la misma zona en estudio. Se puede apreciar también una correlación negativa significativa ($P < 0,01$) cuando se analiza el parámetro de NO_3^- vs. pH ($r = -0,993$).

En el análisis de los elementos solubles predominantes de la fase acuosa de la leche, la lactosa no se vio influenciada con respecto a NO_3^- ($r = -0,072$) y NO_2^- ($r = 0,059$), presentando correlación positiva no significativa con respecto a salinidad y sulfato, y negativa no significativa con respecto a dureza total. El K^+ observó correlación positiva significativa ($P < 0,05$) con respecto a salinidad ($r = 0,959$) y positiva significativa ($P < 0,01$), sin relación biológica, con respecto a la temperatura del agua ($r = 0,999$).

El programa estadístico aplicado, nos permite obtener polinomios que relacionan respuestas en función de variables. Mediante esta herramienta, se puede observar en la Fig. 2 las representaciones en 3D Contour Plot (x, y, z) ($n = 36$) para los parámetros de grasa butirosa (%GB) y proteína verdadera (%PV), componentes relevantes de calidad de leche, íntimamente relacionados al aspecto económico ya que son considerados por la mayoría de las empresas en los sistemas de pago al productor, con respecto a los cuatro indicadores más significativos de calidad de agua en el estudio.

Sin tener en cuenta las variables que condicionan en menor medida, se ilustra claramente el impacto de la salinidad y el sulfato sobre la grasa butirosa, marcando una significativa disminución de la misma, conclusión que se repite al analizar este parámetro con respecto a los indicadores de

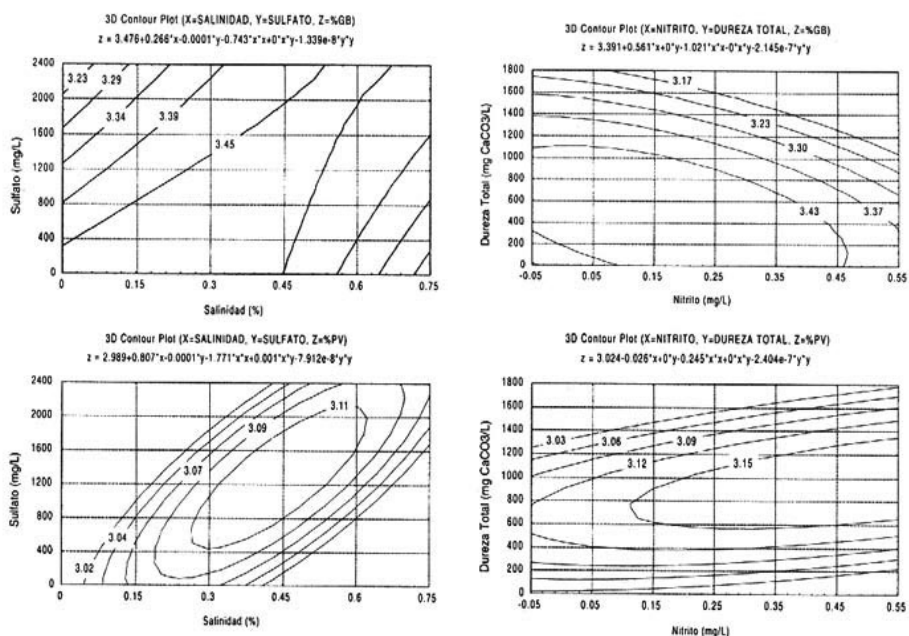


Fig. 2: Gráficos en 3D Contour Plot (x, y, z) de los parámetros de grasa butirosa y proteína verdadera con respecto a salinidad, sulfato, nitrito y dureza total.

nitrito y dureza total. Del mismo modo, al relacionar proteína verdadera con salinidad, sulfato, nitrito y dureza total, se manifiesta una importante depresión de los valores, la cual adquiere mayor relevancia en condiciones extremas.

El indicador reproductivo Intervalo Parto Concepción (IPC) valorizó un promedio para n = 540 de $122 \pm 7,87$ días. Con el propósito de establecer valores de IPC estadísticamente comparables, se tomó como criterio la evaluación de este indicador en función a la Eficiencia de Detección de Celo (EDC) y al Índice de Inseminación (II), descartando del estudio aquellos casos que presentaron desvíos significativos ($\alpha = 0,05$) a estos dos parámetros reproductivos.

Los promedios observados para la EDC y el II fueron $60 \pm 7,37$ % y $2,31 \pm 0,30$, respectivamente

El IPC presentó correlación positiva con respecto a salinidad ($r = 0,806$), sulfato

(SO_4^{2-}) ($r = 0,508$) y dureza total ($r = 0,133$), por lo que se demuestra claramente el impacto negativo que ocasionan elevados niveles de estos componentes.

A la luz de los resultados del presente ensayo, surge la posibilidad de realizar un exhaustivo trabajo a campo en el cual se consideren todas las variables involucradas (rodeo, alimentación, manejo, etc.), con el objetivo de analizar el exclusivo impacto de la calidad de agua para bebida animal en relación a parámetros productivos, composicionales y reproductivos.

CONCLUSIÓN

En el marco o sector geográfico en estudio, se concluye que la calidad de agua para bebida animal representa un factor clave a la hora de optimizar nuestros sistemas productivos, especialmente cuando ciertos componentes de la misma se encuentran en

concentraciones elevadas.

Esto se ve agudizado aún más en los rodeos lecheros, en donde no solamente se alteran los niveles de producción, sino también la composición de la leche y los aspectos reproductivos.

Por todo lo expuesto, aparece la calidad de agua como un elemento de fundamental importancia en la nutrición animal, y por ende una gran preocupación por parte de productores, empresas y organismos de investigación, sumando esfuerzos en conjunto para proponer alternativas viables que nos permitan de una manera sustentable ofrecer a nuestros rodeos la mejor calidad de agua posible, con el firme propósito de obtener los máximos beneficios.

AGRADECIMIENTOS

La presente experiencia se desarrolló en el marco de un “Convenio de Cooperación Mutua” entre el Laboratorio Integral de Servicios Analíticos (L.I.S.A.) perteneciente a la Cooperativa Tambara Nueva Alpina Ltda. y el Instituto de Tecnología de Alimentos (I.T.A.), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral (U.N.L.).

Los autores agradecen al Lic. René Coutaz por su valiosa colaboración en el procesado estadístico general, y a los Dres. Jorge Trossero y Gerardo Vicentini por el aporte en la recopilación de los datos productivos y reproductivos.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, R. S. & SHARPE, W. E.** 2001. Water intake and quality for dairy cattle. College of Agricultural Sciences – Cooperative Extension. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University. URL <http://www.das.psu.edu/dcn/catnut/DAS/pdf/water.pdf>.
- AUGE, M. & NAGY, M. I.** 1996. Origen y evolución de los nitratos en el suelo y en el agua subterránea de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tercer Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Actas: 1-12. San Luis Potosí. México.
- BAVERA, G. A.; BEGUET, H. A. & BOCCO, O. A.** 1999. Aguas de bebida para bovinos. Interpretación de análisis, manejo y mejoramiento de aguadas salinas. I.S.B.N : 987.43 – 0400 – 6. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 9-22.
- CHARLÓN, V.; M. TAVERNA; A. CUATRÍN & L. NEGRI.** 2001. Características del agua disponible en las instalaciones de ordeño de tambos ubicados en la cuenca lechera central de la Argentina. Revista Argentina de Producción Animal (AAPA). Vol. 21, Supl. 1. ISSN 0326 – 0550. Balcarce, Argentina. 228 pp.
- CHASE, L. E. & SNIFFEN, C. J.** 1988. Update on water quality. U.S. National Dairy Database. University of Maryland. URL http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/Agr-Env/ndd/feeding/UPDATE_ON_WATER_QUALITY.html.
- GRANT, R.** 2000. Water quality and requirements for dairy cattle. Extension Dairy Specialist. Published by Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. URL <http://www.ianr.unl.edu/pubs/dairy/g1138.htm>.
- HARRIS, B. Jr. & VAN HORN, H. H.** 1992. Water and its importance to animals. Dairy Production Guide. Circular 1017. Florida Cooperative Extension Service.
- HERRERO, M. A.** 1987. Calidad de aguas para bebida animal. Cap. 3 AGROZOOLOGÍA I. Prensa Veterinaria Argentina. Buenos Aires. 68-92.
- HERRERO, M. A.; G. SARDI; A. ORLANDO; V. MALDONADO; L. CARBÓ; M. FLORES & J. J. ORMAZABAL.** 1996. Agua: uso y manejo sustentable. El agua en

- el sector agropecuario, caracterización de la Pradera Pampeana. Seminario Internacional Asociación de Universidades Grupo Montevideo. Brasil, 16 al 18 de Octubre de 1996. 53-80.
- HERRERO, M. A.; G. SARDI; V. MALDONADO & A. ORLANDO.** 1997. Calidad en el agua de bebida. Revista *Súper CAMPO*. Año III, N° 30. 20-22.
- IASA.** 1996. Revista Options – Water “Good to the last drop”. 3-8.
- IRAMAIN, M. S.; M. A. HERRERO; V. MALDONADO MAY; H. BUFFONI; M. FLORES; M. POOL; L. CARBÓ; S. KOROL; M. S. FORTUNATO & A. GALLEGRO.** 2001. Calidad de agua y factores de contaminación en sistemas de producción lecheros. Revista Argentina de Producción Animal (AAPA). Vol. 21, Supl. 1. ISSN 0326 – 0550. Balcarce, Argentina. 262-264.
- JARSUN, B.** 1987. Uso e interpretación de aguas. Convenio INTA–Banco Provincia de Córdoba. 32 pp.
- MOUILLET, L.; F. M. LUQUET & J. CASALLIS.** 1975. Contribution a l'étude des variations de la teneur en sels minéraux du lait de vache dans différentes régions françaises. Le Lait N° 55. 683-694.
- ORLANDO, A. A.; M. A. HERRERO; E. URIARTE; J. J. ORMAZABAL & S. DI CLAUDIO.** 1998. Calidad de agua para la producción animal en el partido de Exaltación de la Cruz (Provincia de Buenos Aires). 22° Congreso Argentino de Producción Animal. Vol. 18 Sup. 1. 42-43.
- RAJALA-SCHULTZ, P. J.; Y. T. GRÖHN; C. E. McCULLOCH & C. L. GUARD.** 1999. Effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. J. Dairy Sci. 82:1213-1220.
- REVELLI, G. R.** 2000. Firmes criterios de calidad. Revista SanCor N° 621. 26-29.
- REVELLI, G. R. & C. G. RODRÍGUEZ.** 2001. Prevalencia de agentes etiológicos causales de mastitis bovina en la zona noroeste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero, respuesta a la sensibilidad antimicrobiana. Tecnología Láctea Latinoamericana. Año 6 N° 23. 48-53.
- SBODIO, O. A.; E. J. TERCERO; R. COUTAZ & A. G. ALONSO.** 1997. Descenso crioscópico de leche de tambo. Revista Internacional del Centro de Información Tecnológica (CIT). Chile. Vol. 8 N° 6. 47-52.
- SBODIO, O. A.; E. J. TERCERO; M. L. MINETTI; M. S. ZANNIER; G. R. REVELLI & C. SEBILLE.** 1999. Sodio, potasio y cloruros en leche de tambo. Tecnología Láctea Latinoamericana. Año 5 N° 16. 52-56.
- SCHRICK, F. N.; M. E. HOCKETT; A. M. SAXTON; M. J. LEWIS; H. H. DOWLEN & S. P. OLIVER.** 2001. Influence of subclinical mastitis during early lactation on reproductive parameters. J. Dairy Sci. 84:1407-1412.
- SISTAMBO.** Versión 2.0. 2000.
- SNEDECOR, G. L. & COCHRAN, W. G.** 1977. Métodos Estadísticos. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- STATISTICA for Windows.** Release 4.5. Copyright © StatSoft, Inc. 1993.
- TAVERNA, M. A.; F. ETCHEVERRY; M. S. CHAVEZ & O. QUAINO.** 2001. Efecto de distintos tratamientos del agua de bebida de vacas sobre la producción y composición química de la leche. Revista Argentina de Producción Animal (AAPA). Vol. 21, Supl. 1. ISSN 0326 – 0550. Balcarce, Argentina. 15-16.
- TERCERO, E. J.; O. A. SBODIO; M. R. FREY-RE & M. G. ZANNIER.** 1993. Composición de leche en polvo. La Alimentación Latinoamericana N° 194. 73-76.
- WALSTRA, P. & JENNESS R.** 1984. Química y Física lactológica. Editorial ACRIBIA, S.A. ZARAGOZA (España). Copyright 1984 by John Wiley & Sons, Inc. 1-10.

ZANNIER, M. S.; M. L. MINETTI; O. A. SBODIO & G. R. REVELLI. 2002. Contenido de sodio, potasio y cloruros en leche de vacas individuales determinados por el método del electrodo ión selectivo. Revista Internacional del Centro de Información Tecnológica (CIT). Chile. Vol. 13 N° 3. 61-67.