

Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros

I. Demanda de agua y manejo de efluentes¹

NOSETTI, L.²; HERRERO, M. A.³; POL, M.³; MALDONADO MAY, V.³;
IRAMAIN, M. S.³; FLORES, M.⁴

RESUMEN

El objetivo fue cuantificar la demanda de agua en las distintas operaciones realizadas durante el ordeño y caracterizar el manejo de los efluentes, para establecer criterios de manejo en tambos de Buenos Aires. Se seleccionaron y encuestaron 65 tambos en tres cuencas lecheras. Se caracterizaron 6 para cuantificar los caudales utilizados en las distintas rutinas durante el ordeño y que son generadoras del efluente final. Las encuestas mostraron varios destinos del efluente eliminado. Algunos, como el vertido a cuerpos de agua superficial resultan en un impacto en su posible contaminación, otros, como las lagunas de tratamiento mal diseñadas son un riesgo para la contaminación de aguas subterráneas. El mayor volumen de agua utilizada en el ordeño corresponde a la placa de refrescado (4,65 a 9,2 L.agua/L.leche producida) significando el 74,47% al 91,29% del consumo total. Esta fracción es la que posee mayores alternativas de reutilización, porque es agua subterránea que no altera su calidad durante el uso. Esta caracterización permite adecuar y disminuir el consumo de agua en los tambos, en función de las prácticas que mostraron mayores consumos. Un manejo racional del agua y de los efluentes permitirá disminuir el impacto ambiental de una de las producciones ganaderas más importantes de la región.

Palabras clave: (manejo del agua), (demanda de agua), (efluentes), (producción lechera).

SUMMARY

Quantification and characterization of water and wastewater in dairy farms. I. Water demand and effluent management

This study was carried out to quantify and characterize water demands in the different stages of the milking process and effluent management, in order to establish management criteria in dairy farms in Buenos Aires. Sixty-five dairy farms in three dairy areas were selected, and their farmers were surveyed. Water volumes used during the different milking routines were quantified in six of them, these will later become part of the total effluent. Surveys showed the several destinations of

¹ Resumen presentado en el XIX Congreso Nacional del Agua – Argentina – Proyecto UBACyT V003

² Becario del Programa UBACyT - Secretaria de CyT de la Universidad de Buenos Aires

³ Departamento de Producción Animal ⁴ Departamento de Salud Pública – Facultad de Cs. Veterinarias - UBA

Recibido: junio 2002 - Aceptado: octubre 2002

effluent generated during the milking process. Some, like effluent discharge into water bodies, may result in their contamination. Others, such as poorly designed effluent storages, could be responsible for the leaching of pollutants into groundwater. It was established that 74,47 to 91,29% of the total water volume was used by the plate-cooler operation (4,65–9,20 L.water/L.milk). Groundwater used by the plate-cooler can be reused, as its quality is not affected. This characterization allows to adequate and diminish water volumes used in dairy farms, giving priority to those practices that represent the largest water demands. The rational water use and effluent management will allow to minimize the potential environmental impact from one of the most important livestock productions in this region.

Key words: (water management), (water demand), (effluents), (dairy production).

INTRODUCCIÓN

La producción de leche es una de las actividades ganaderas que mayor cantidad de agua demanda. La fuente de provisión de agua es la subterránea. Si bien la provincia de Buenos Aires posee una calidad de agua aceptable para la producción lechera, existen problemas de contaminación asociados a deficiencias en la construcción y manejo de las perforaciones, fuentes de contaminación cercanas a los pozos (corrales y lagunas) y desconocimiento en los productores, acerca de cómo manejar el agua y los efluentes^{7,8}.

Desde hace varios años se ha observado en la Argentina, una tendencia a la intensificación y concentración de los rodeos lecheros^{9,11}. Uno de los problemas asociados con la transformación del sistema de producción es la creciente demanda de agua y el aumento de efluentes producidos.

Los efluentes contienen una importante cantidad de agua y provienen de las diversas actividades de las operaciones de ordeño, como ser la limpieza de corrales, sala y máquina de ordeño y de la limpieza de pezones¹².

El uso racional del agua en las diferentes tareas realizadas durante el ordeño es uno de los problemas centrales a resolver, teniendo como resultado una reducción del volumen de efluentes generados¹².

Para establecer criterios de manejo que tiendan a un uso racional del agua y efluentes en tambos de la Provincia de Buenos Aires, se establecieron los siguientes objetivos:

- a) Cuantificar la demanda de agua en las distintas operaciones realizadas durante

el ordeño, como preparación de ubre, refrescado de la leche y lavado de sala, corrales de espera, tanque de leche y máquina de ordeño.

- b) Caracterizar el manejo de los efluentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio correspondió a las cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires denominadas Cuencas Oeste, Abasto Sur y Abasto Norte, según orden de importancia en volumen de producción en la región¹¹ (Figura 1). Las mismas representan el 85% de la producción total de leche de la provincia⁹. La cuenca lechera de Abasto sur es la segunda en importancia, presentando problemas de inundaciones frecuentes en áreas cercanas al Río Salado. Esta situación origina la disminución de la superficie para pastoreo, un ascenso en las napas freáticas, y su probable contaminación por contacto con pozos negros y lagunas de efluentes^{6,8}.

Se seleccionaron 65 tambos representativos de los sistemas de producción predominantes. Se diseñó una encuesta de 69 preguntas cerradas, para caracterizar las instalaciones de ordeño, conocer el uso del agua y las formas de eliminación y tratamiento de los efluentes. Se caracterizaron 6 de esos establecimientos para cuantificar los caudales utilizados en las distintas rutinas realizadas durante el ordeño y que son generadoras del efluente final.

Para conocer el volumen de agua que se utiliza en el refrescado de la leche se consideró el caudal que pasa por el sistema de placas durante el tiempo total de funcionamiento. Por otra parte,

RESULTADOS



Figura 1: Cuencas lecheras de mayor importancia en la Provincia de Buenos Aires (SAGPyA, 1996)

el consumo de agua que se utiliza para el lavado de la máquina de ordeño y del tanque de almacenamiento de leche se estableció a partir de los consumos reales en cada tambo. Este valor fue informado por cada uno de los tamberos entrevistados.

El agua utilizada para el lavado de sala de ordeño y corral de espera fue cuantificada en función del tiempo de lavado y caudal de las mangueras. Los resultados fueron expresados en indicadores comunes para todos los establecimientos analizados. Se comparó el grado de suciedad de las salas a partir del número de bostas.

Para considerar el uso del agua en el lavado de pezones (previo al ordeño) y conocer la asociación entre el consumo de agua y el mismo operador en diferentes días, y entre el consumo de agua y el tipo de manguera utilizada, se diseñaron ensayos en 4 tambos.

Los resultados se evaluaron por estadística descriptiva, test de ANOVA, test de Kruskal Wallis y por Coeficiente de correlación de Spearman, según la distribución normal y no normal respectivamente de los datos correspondientes a cada uno de los ensayos ¹⁰.

Los resultados de la encuesta realizada (n=65) indican que en la totalidad de los tambos se utiliza como método de preenfriado de la leche, el sistema de refrescado mediante placas. Cuando se les consultó sobre las razones de la elección, coincidieron en que era el método que permite un ahorro de energía eléctrica, disminuyendo la temperatura de la leche de aproximadamente 37°C a 23 °C, utilizando agua de pozo a 18°C.

Con respecto al manejo de los efluentes generados en la instalación de ordeño, se pudo observar que la forma en que estos efluentes son eliminados, es variable. Los resultados se observan en la Figura 2. El mayor porcentaje (58.53%) corresponde a aquellos tambos que eliminan los desechos a algún tipo de laguna artificial y de éstos, el 80% elimina los líquidos finales de las lagunas en algún curso de agua. En todos los casos son lagunas únicas y de tratamiento aeróbico o anaeróbico. Estas lagunas no poseen una caracterización única, como puede observarse en la Tabla 1, generalmente adquieren una forma rectangular, con dimensiones promedio de 100 m x 20 m y profundidad variable, entre 1 m y 4 m (n= 38). La encuesta realizada a los productores mostró que, en general, las lagunas no se diseñan previamente para que cumplan la función de tratamiento del efluente.

Existe un 20,05 % de los tambos que vierte sus efluentes sin previo tratamiento a algún curso de agua (arroyos o lagunas naturales cercanas). Esta situación se da principalmente, en aquellos establecimientos situados en la Cuenca Abasto Sur. El resto de los tambos elimina los desechos en algún potrero del establecimiento como destino final.

El 30,50% de los tambos utiliza bomba estercolera como parte del manejo del efluente. Esta técnica es utilizada generalmente, en aquellos establecimientos que envían los desechos a potreros o cursos de agua en forma directa.

En los tambos que poseen laguna artificial como destino final, se encontró asociación entre el número de vacas en ordeño y el volumen total de la laguna (Spearman, $p < 0.05$).

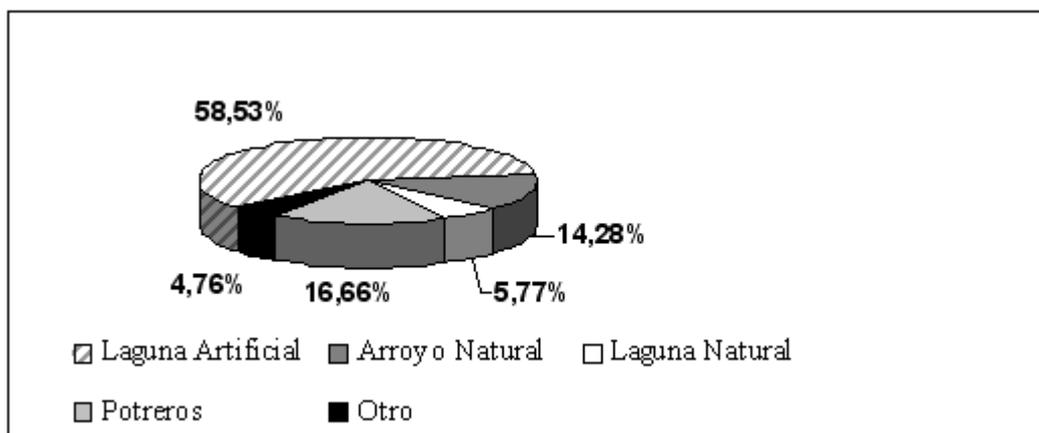


Figura 2: Destino final de efluentes utilizado en tambos de la provincia de Buenos Aires

Tabla 1: Relevamiento de características de lagunas de efluentes en tambos

Agrupamiento por tamaño de tambos (n = 38)			Largo (m)		Ancho (m)		Profundidad (m)		Volumen (m ³)	
Hasta 50 VO (1000 LL/d) (n=5)	Media	DE	87	120,2	3	1,87	1,6	1,29	251	290,61
	Mín - Max		15 - 300		1 - 5		0,5 - 3		15 - 750	
51 a 100 VO (1001 a 2000 LL/d) (n= 10)	Media	DE	89,4	73,6	14	20,3	1,78	0,83	1586,6	2049,7
	Mín - Max		7 - 200		2 - 50		1 - 2,5		55 - 5000	
101 a 200 VO (2001 a 4000 LL/d) (n= 16)	Media	DE	43	34,2	30	40,4	2,5	0,87	3144	4223,3
	Mín - Max		20 - 200		3 - 200		1 - 3		300-80000	
Más de 200 VO (mas de 4001 LL/d) (n=7)	Media	DE	98	72,6	25	10	3,6	1,52	6640	2312,6
	Mín - Max		40 - 200		10-40		1-6		2000 - 9000	

VO: vacas en ordeño

LL/d: litros de leche producidos por día

DE: desvío estándar

Mín: mínimo Max: máximo

En los 6 tambos caracterizados se diferenciaron 6 operaciones en las cuales se utiliza agua (Tabla 2). De estas operaciones, se puede observar que, la placa de refrescado es la que utiliza el mayor volumen (4,65 a 9,2 L. agua/ L. leche producida), representando un volumen entre el 74,47 y el 91,29 % del consumo total de agua dentro de las operaciones realizadas durante el ordeño.

Los volúmenes utilizados para el lavado del equipo de ordeño, expresados por día, están relacionados al tamaño del equipo que se dimensiona según el número de animales en ordeño.

No se encontró asociación entre el tiempo y caudales utilizados para el lavado de sala de ordeño (Spearman, $p > 0.05$), con relación al estado de suciedad de las mismas, definida por el número de bostas remanentes luego de cada ordeño (3.88 ± 2.90). Estos valores muestran que la forma de lavar la sala obedece más a la rutina de manejo que a la suciedad en sí. Lo mismo ocurre en el caso del lavado de corrales donde no se encontró relación entre el tamaño del rodeo, que condiciona el tamaño de los corrales, y cantidad de agua utilizada para su lavado (Spearman, $p > 0.05$).

Tabla 2: Consumos de agua en establecimientos lecheros de Buenos Aires

Actividad	Media	Desvío Estándar	Min.	Máx.
Refrescado (L agua/L leche)	7.31	1.79	4.65	9.20
Lavado Maquina (L/día)	308.33	86.81	180.00	400.00
Lavado Tanque de frío (L/día)	126.67	82.62	60.00	260.00
Lavado Sala (L/VO/día)	5.59	1.77	3.57	8.33
Lavado Corral (L/VO/día)	16.49	6.37	8.28	22.81
Lavado Pezones (L/VO/día)	1.16	1.34	0.00	3.11
Consumo total de agua (L/día)	32144	12966,2	14368	46036

L = Litros; VO = Vaca en Ordeño

Se evaluaron los caudales (L/vaca) utilizados en el lavado de pezones, previo al ordeño. Los consumos promedio de agua utilizados para preparar pezones son de: 0.5 a 0.7 litros por vaca y por ordeño en los tambos que se utilizan lavatetas con dispositivos de corte y de 1.4 litros en aquellos en que no existe ningún dispositivo de corte.

Se midieron los consumos realizados en distintos días por el mismo operador. Los resultados indicaron que no hay diferencias significativas en los caudales utilizados en diferentes días por el mismo operador, mostrando que el consumo de agua en esta operación es relativamente constante (Test de ANOVA, $p > 0.05$). Además fue evaluada la utilización de agua por un solo operario con diferentes mangueras. Cada manguera utilizada ($n=2$) poseía

un dispositivo para el corte rápido, pero diferían en el caudal total entregado. Se evaluó el tiempo utilizado para el lavado de pezones ($n=35$) con cada uno de los tipos de manguera. Para cada tipo de manguera, los consumos realizados resultaron con diferencia significativa, mostrando la importancia de reducir los consumos de agua según el caudal de las mangueras para el lavado (Kruskal Wallis, $p < 0.05$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron obtener información de gran valor en la caracterización de establecimientos lecheros en las diferentes cuencas de la Provincia de Buenos Aires.

La gran diversidad de situaciones observadas en los tambos de la región, evidencia la ausencia de estrategias que incluyan al manejo de efluentes como un componente más del sistema de producción, contemplando la sustentabilidad del mismo⁵. Esta situación difiere de la que se realiza en otros países. Por un lado, tanto en los Estados Unidos como en la Unión Europea, existe la exigencia de utilizar agua potable para el lavado de la máquina de ordeñar y de todos los implementos que estén en contacto con la leche^{3, 12, 13}. Por otro, el efluente de los tambos posee restricciones para el volcado a cursos de agua acorde a las características de los cuerpos de agua superficiales en las diferentes regiones considerando el número de animales del establecimiento, limitando el vertido y orientando su utilización dentro del sistema productivo^{4, 13}.

Los resultados de la encuesta revelaron que la construcción de las lagunas artificiales, es una consecuencia del movimiento de tierra que se realiza para la elevación de la instalación de ordeño, esto podría explicar la asociación hallada entre el número de vacas en ordeño, que determinará el tamaño del tambo, con el volumen total de la laguna. En general, estas fosas quedan orientadas siguiendo la pendiente natural a los bajos y cursos de agua, siendo su posición variable con respecto a la instalación de ordeño.

Como fuentes generadoras de desechos se encontraron distintas actividades que son

realizadas diariamente, como ser: el refrescado de la leche, la limpieza de pisos de sala y corral de espera, limpieza de tanque de frío y equipo de ordeño y la preparación de pezones pre-ordeño.

Los valores obtenidos de agua utilizada para el refrescado de la leche, presentan diferencias con respecto a los que se indican en los trabajos de diferentes autores, en los cuales se citan cantidades de 2 a 2.5 litros de agua por litro de leche refrescado^{3,12}. Estas diferencias se atribuyen a que en la bibliografía se indican los valores sugeridos por los fabricantes de los equipos de placas y bombas de agua, correspondientes a cuánta agua se requiere para enfriar un litro de leche desde el punto de vista termodinámico. No consideran el tiempo total de funcionamiento de la bomba de agua y de la bomba de leche, dado que la bomba de agua funciona en forma continua mientras que la bomba de leche lo hace en forma alterna, dependiendo de la cantidad de leche dentro del recibidor; es decir se bombea agua aún cuando no está funcionando la bomba de leche^{1,3,12,13}. Sería conveniente evaluar la eficiencia de la implementación de un circuito cerrado, entre tanque australiano y placa de refrescado, durante los meses fríos del año, aprovechando las bajas temperaturas del agua almacenada en los tanques.

Los volúmenes utilizados para el lavado del equipo de ordeño, al igual que los del tanque de almacenamiento, son similares a los sugeridos por la bibliografía^{2,12,13}.

Asimismo, los volúmenes de agua utilizados para el lavado de corrales y para la preparación de pezones, coinciden con los resultados hallados en la bibliografía^{1,2,12}.

De todas estas actividades, el refrescado de la leche es la de mayor incidencia en el consumo total, y a su vez, es la que posee mayores alternativas y facilidad de reutilización ya que es agua de pozo que conserva su calidad inicial y puede ser utilizada nuevamente para bebida animal, lavado de pisos, riego o cualquier otra actividad que demande el uso de agua, mediante la adecuación de los circuitos de distribución de agua.

Otras formas de minimizar el consumo de agua, en las demás actividades, se relacionan con

el manejo adecuado de animales evitando las situaciones de estrés y disminuyendo el tiempo de permanencia en corrales y sala de ordeño, como así también el diseño adecuado de las pendientes de las instalaciones. El ahorro de agua resultó sustancial con los dispositivos de corte rápido en las mangueras lavatetas para reducir el volumen de agua utilizado en dicha operación, por lo cual es muy recomendable su utilización.

Se ha observado una gran falta de información en los productores lecheros, en lo concerniente a las prácticas de manejo necesarias para disminuir los factores de riesgo de contaminación del agua subterránea y superficial en las diferentes regiones.

En conclusión, la reducción de los volúmenes de efluentes generados es un primer paso en el manejo racional del agua en los tambos. Cada sistema de producción deberá evaluar la mejor utilización de los mismos dentro del propio establecimiento.

La caracterización realizada permite adecuar y disminuir el consumo de agua en los tambos, en función de las prácticas que mostraron mayores consumos. Por otra parte un manejo racional del agua y de los efluentes producidos permitirá disminuir el impacto ambiental de una de las producciones ganaderas más importantes de la región.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE, G. 1999. Manejo de los efluentes de tambo, *Rev. Med. Vet.*, 80 (5): 414-416
2. CABONA, O. 1995. Nada se pierde, todo se transforma, *Rev. Infortambo*, 9 (75): 62-64
3. CHARLÓN, V.; TAVERNA, M. 1999. Uso racional del agua, *Rev. Producir XXI*, Junio 1999: 36-39
4. EPA – USA . 2001. Environmental assessment of proposed revisions to the national pollutant discharge elimination system regulation and the effluent guidelines for concentrated animal feeding operations. EPA- 821-B-01-001 Office of water (4303) Washington DC, January 2001: 94 p.
5. GARCÍA, A.; IORIO, A.; BADO, F.; BARGIELA, M. 2001. Riesgo potencial de polución del Arroyo Morales en Argentina por influencia de una producción ganadera intensiva, *Rev. Información*

- Tecnológica 12 (3): 37–42
6. HERRERO, M. A. ; MALDONADO MAY, V.; GONZALES CHAVES, A.; SARDI, G. 1999. La incidencia de la intensificación agropecuaria pampeana en la Cuenca del Salado – Rev. Veterinaria Argentina – XVII (161): 22-32
 7. HERRERO M. A.; MALDONADO MAY, V.; SARDI, G.; FLORES, F.; ORLANDO A.; CARBÓ L. 2000 (a) Distribución de la Calidad de Agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios Bonaerenses , 1 – Calidad Físico – química y utilización del agua, Rev. Arg. Prod. Ani. – 20 (3-4): 229 –237
 8. HERRERO M. A.; MALDONADO MAY, V.; SARDI, G.; FLORES, F.; ORLANDO A.; CARBÓ L.. 2000 (b) Distribución de la Calidad de Agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios Bonaerenses , II – Condiciones de manejo y grado de contaminación, Rev. Arg. Prod. Ani. – 20 (3-4): 237 –252
 9. MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS, Prov. de Buenos Aires. 2001. Relevamiento del número de Establecimientos Productores de Leche Bonaerenses - www.maa.gba.gov.ar/datosgeneralesdeproduccion.html
 10. SAS System. Release 8.2 for Windows
 11. SECRETARIA DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 1996. Principales Cuencas Lecheras Argentinas. Departamento de Lechería, Enero 1996, p.40, Buenos Aires, Argentina
 12. WILLERS, H; KARAMANLIS, X; SCHULTE, D. 1999. Potential of closed water systems on dairy farms, Wat. Sci. Tech., 39 (5) : 113-119
 13. WOODING, H. 1972. Disposal of liquid wastes from parlors and milk houses, Special circular 154, Extension services, Pennsylvania State University, p. 12, Pennsylvania, USA