



X Congreso de Ecología y Manejo  
de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos  
Azul, Buenos Aires, Argentina – 20 al 22/11/2019



INSTITUTO MULTIDISCIPLINARIO SOBRE  
**ECOSISTEMAS**  
Y DESARROLLO SUSTENTABLE

## Evaluación del posible riesgo ambiental asociado a la presencia de contaminantes en efluentes generados por establecimientos lecheros y la industria láctea

C. Rodríguez<sup>1</sup>, R.A. Sosa<sup>1</sup> y S.L. Fanelli<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>FCEyN, Universidad Nacional de La Pampa-Campus Universitario, Ruta Nac. 35, Santa Rosa (6300), La Pampa, Argentina.

<sup>2</sup>ILPLA. Instituto de Limnología - Dr. Raúl A. Ringuelet – CONICET-CCT-La Plata - FCNyM (UNLP). Boulevard 120 N° 1437, La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina.

Email: crodriguez0691@gmail.com

### RESUMEN

El estudio de los riesgos derivados de la exposición a sustancias químicas presentes en el ambiente es un área de vacancia relativa en la provincia de La Pampa. La industria láctea, es un sector productivo que genera grandes volúmenes de residuos sólidos y líquidos. Los efluentes líquidos vertidos, sin un adecuado tratamiento, pueden generar un gran impacto ambiental. El objetivo de este trabajo fue utilizar bioensayos para determinar la toxicidad de efluentes de establecimientos lecheros primarios e industrias lácteas, estimando la efectividad del tratamiento previo a la disposición final. El diagnóstico ecotoxicológico permite avanzar en la evaluación del riesgo y toma de decisiones respecto a la eficiencia del tratamiento, la disposición final de los mismos, y/o sus usos potenciales. Dentro del marco de interés estatal y privado, es esencial la evaluación previa de dichos efluentes, para mejorar su gestión y reutilización.

Palabras claves: EFLUENTES – BIOENSAYOS - INDUSTRIA LÁCTEA

### Introducción

Argentina es el 2° productor de leche de América Latina. La Pampa representa el 1,8% de la producción nacional, con 180 tambos, 29000 vacas y 200 millones de litros producidos (Anuario Estadístico de La Pampa, 2017, SENASA, 2018). El sector primario lechero se intensificó, disminuyendo el número de tambos, aumentando la producción y efluentes vertidos (Herrero, 2010). Cada vaca en ordeño genera entre 14 y 24 L de efluentes/día (Taverna et al., 2004). Éstos generalmente son almacenados o vertidos al terreno o cursos de agua (Badino et al., 2015). Las industrias de productos lácteos utilizan el 49% del total de leche producida (Ministerio de Agroindustria, 2017) y generan 0,2 a 10 L de efluente por litro de leche procesada. Los efluentes de estos establecimientos contienen P, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, drogas veterinarias, productos de limpieza, grasas y materia orgánica. Su vertido puede producir contaminación del suelo, menor rendimiento de las cosechas y lixiviación a las aguas subterráneas (Valencia, 2008).

### Materiales y Métodos

Los muestreos fueron realizados en un Tambo (Tbo) en Santa Rosa y en dos industrias queseras, una en Gral. Campos (QGC) y Rolón (QR), de la provincia de La Pampa. El efluente de tambo se vierte sin ningún tratamiento previo, utilizándolo como riego en las inmediaciones del establecimiento. Las queserías cuentan con un sistema de tratamiento de efluentes: separación de la grasa, seguido por una pileta facultativa y otra aeróbica. El efluente tratado se utiliza para riego de los alrededores de las fábricas.

Las muestras (6 de GC, 2 del T y 2 de R) fueron recolectadas, pre y post tratamiento, durante los años 2016-2019, por triplicado, y conservadas a 4°C. Se realizaron determinaciones físico químicas: pH, conductividad, sólidos totales, filtrables y sedimentables, DQO y DBO<sub>5</sub> (APHA, 2012). Se llevaron a cabo bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* e *Hydra plagiodesmica* y semillas de trigo (*Triticum aestivum*). Los organismos se expusieron a diferentes concentraciones del efluente pre y post tratamiento determinando la CE<sub>50</sub> y CL<sub>50</sub>. (Castillo Morales et al., 2004).

### Análisis estadístico de datos

Para evaluar diferencias en las variables fisicoquímicas pre o post tratamiento del efluente se utilizó ANOVA-Test de Tukey o Prueba de Kruskal Wallis cuando los datos no presentaron normalidad (Di Rienzo et al., 2016).

### Marco Legal Provincial

En la Provincia de La Pampa se encuentra vigente la Ley 1914/00 y el Decreto N° 2793/06, que detalla los máximos de emisión para diferentes tipos de desagües (Subsecretaría de Ecología, 2006).

### Resultados y Discusión

#### Variables Físicoquímicas

Los parámetros fisicoquímicos pre y post tratamiento, no resultaron significativamente diferentes, aunque algunos no cumplen con lo permitido por la ley. Los valores de pH para las muestras de Tbo y QR, están dentro de los límites establecidos por el Decreto 2793/06, que establece un rango de pH entre 5,5-10. Los pH hallados para QGC (4-4,6) son inferiores a esta reglamentación.

Las muestras de QGC presentaron conductividades entre 2,5-8,5 mS/cm. Mientras que las de QR fueron entre 1,3-1,8 mS/cm. Los valores elevados se asocian al vertido de salmueras utilizadas para el salado de los quesos. En las muestras del Tbo las conductividades rondaron entre los 5-5,5 mS/cm.

Las DQO obtenidas para las muestras de QGC se encuentran fuera de lo establecido en el Decreto Provincial. A su vez el porcentaje de remoción de la DQO postratamiento fue muy bajo (9-20 %). En las muestras de QR, existe una diferencia significativa entre los valores de DQO obtenidos pre y post tratamiento, con un porcentaje de remoción de la DQO elevado (65-91 %). Estos valores se encuentran dentro de lo permitido por la ley. Los niveles de DQO en Tbo (300-845 mg O<sub>2</sub>/L) fueron superiores al máximo permitido en la reglamentación vigente.

Se estimó el valor de DBO<sub>5</sub>, a partir de los valores de DQO determinados en las muestras según la aproximación: DBO<sub>5</sub>/DQO=0,5, (INTI, 2010). Los valores estimados de DBO<sub>5</sub> para QR y Tbo se encontraron dentro de lo permitido por Ley, no así lo estimado para QGC, que supera los límites de vertido establecidos (máximo de 50 mg O<sub>2</sub>/L para vertido en desagües a conducto pluvial abierto, curso de agua superficial y cursos de agua no permanente, y un máximo de 200 mg O<sub>2</sub>/L para vertido en

desagües a pozos o campos de drenaje) (Subsecretaría de Ecología, 2006).

**Tabla 1.** Determinación de DQO (mgO<sub>2</sub>/L) y estimación de DBO<sub>5</sub>(mgO<sub>2</sub>/L). C: Campos, R: Rolón y T: Tambo, Pre y postratamiento. Los números muestran el año en el que fueron tomadas

MUESTRA	DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	DBO <sub>5</sub> estimada(mg O <sub>2</sub> /L)
C. Pre - 16/17	3319,2 ± 584,9	1659,6 ± 261,62
C. Pos - 16/17	3133,4 ± 871,03	1566,7 ± 389,54
R. Pre-18/19	559,16 ± 272,26	279,55 ± 136,1
R. Pos-18/19	97,43 ± 39,43	48,72 ± 19,71
Tambo 18/19	593,83 ± 355,53	296,92 ± 177,77

Los sólidos sedimentables obtenidos para las muestras de QGC (1 - 20 ml/L) y el Tbo (4 - 5,2 ml/L), son superiores a los límites establecidos en el Decreto Provincial vigente, (0,5 ml de sól./L a los 10 min., y un 1 ml de sól./L a las 2 h). En el caso de QR (0 - 10 ml/L), existió una sola muestra pretratamiento que presentó niveles superiores a lo permitido por el decreto.

### Bioensayos de toxicidad

**Tabla 2.** CL<sub>50</sub> para diferentes organismos de prueba con sus respectivas conversiones a unidades tóxicas (UT) (Castro et al., 2002)

MUESTRA	CL <sub>50</sub> (%)	O. PRUEBA	UT	CATEGORÍA
C. Pre16	<1	Daphnia	100	1-Muy tóxica
C. Pos16	2,56 - 2,66 (IC95% 1,13-5,78)	Daphnia	37 - 39	2-Muy tóxica
C. Pre17	1,99 - 5,06 (3,53 ± 2,1)	Hydra	19 - 50	3-Muy tóxica
C. Pos17	1,77 - 1,91 (1,84 ± 0,1)	Hydra	52 - 56	4-Muy tóxica
R. Pre1-18/19	12,14 - 13,61 (9,7 - 16,9)	Daphnia	7,35	1-Muy tóxica
R. Pos1-18	42,12 (IC95% 31,78-57,72)	Daphnia	2,37	2-Tóxica
R. Pos2-19	191,45 (IC95% s/d)	Daphnia	0,52	5-No tóxica
T-18/19	>15 (IC95% 9,4-17,6)	Daphnia	> 6	1-Muy tóxica

Según la Tabla 2, los efluentes vertidos por QGC, son de alta toxicidad, y podría generar grandes inconvenientes en el suelo en el que son vertidos.

Para QR, el tratamiento del efluente previo al vertido tiene una alta eficiencia de remoción de contaminantes, con la subsiguiente disminución de la toxicidad.

Para el caso del Tbo, la toxicidad del efluente vertido es significativamente alta.

En los bioensayos utilizando semillas de trigo, se evaluó el crecimiento de la radícula y el hipocotilo de las plántulas. Se encontraron diferencias significativas entre el % de inhibición

del crecimiento de la radícula en los efluentes de QR pre (-4,56-18,11%) y post tratamiento (35,7-56,6 %), verificándose una disminución de la toxicidad al realizar el tratamiento del efluente.

En los efluentes del Tbo el porcentaje de inhibición de la radícula fue de 11,98 - 39,83%. No se han encontrado diferencias significativas respecto a la elongación o el porcentaje de inhibición del hipocotilo para ninguna de las muestras, tanto del Tbo como de QR. La significativa bioestimulación del tallo podría deberse a un mecanismo de las plantas para compensar excesos de nitrógeno mediante el aumento de la proporción tallo:raíz. De manera que, en muestras de agua con una alta concentración de nutrientes tanto de origen natural como producto de descargas contaminantes, la sobreestimulación de la elongación del tallo podría solapar el efecto de compuestos tóxicos.

### Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos concluir que el efluente proveniente de la quesería de Gral. Campos y el efluente del Tambo, no se encuentran en condiciones adecuadas para ser vertidos a un campo de drenaje tal como lo establece el Decreto Provincial N°2793/06. En el caso del efluente de la quesería a pesar de contar con una planta de tratamiento del efluente, esta no es eficaz. Respecto al efluente de Tambo, que no cuenta con una planta de tratamiento, sería de interés que se considere su implementación para mejorar los parámetros físico químicos y toxicológicos antes del vertido del efluente, evitar futuros problemas ambientales. En el caso de la quesería de Rolón, los parámetros físico químicos y toxicológicos del efluente luego de pasar por la planta de tratamiento mejoraron sustancialmente, haciéndolo apto para su vertido según lo establecido por el Decreto Provincial vigente. Con estos resultados podemos asegurar que la planta de tratamiento de esta industria conlleva un proceso eficaz de saneamiento del efluente para su utilización como agua de riego. Los resultados obtenidos en los ensayos de semillas, indican que los efluentes de este tipo de establecimientos (tambos y queserías) podrían ser una buena fuente de nutrientes para los cultivos, si son tratados adecuadamente antes de su vertido. Los bioensayos son una herramienta útil para medir la presencia de contaminantes y, junto con los parámetros físico químicos, permiten estimar el impacto asociado al vertido de efluentes sin el tratamiento adecuado.

### Agradecimientos

El trabajo se financió en el marco del proyecto Q 97, Res N°32/2015 de la FCEyN-UNLPam.

### Referencias

- APHA. 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22<sup>nd</sup> edition. Washington DC., 1360 pp
- Badino, O., Schmidt, E., Ramos, E., Herrero, M.A., Weidmann, R. y Giraudo, F. 2015. *Uso del agua, manejo de efluentes y residuos en tambos del noroeste de la provincia de Sta Fe (Argentina)*. FAVE. Cs. Agrarias, 14(1):7-15.
- Castillo Morales, G. 2004. *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicación*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, DF (México). IDRC, Ottawa (Canadá).
- Castro, S., Espínola, J., Miguez, D. y Viana, F. 2002. *Los bioensayos como herramienta de evaluación de la toxicidad de los efluentes industriales en Uruguay*. Informe final, International Development Research Centre (IDRC), File 04464, Canadá.
- Di Rienzo, J.A., Balzarini, M., González, L., Casanoves, F. y Tablada, M. 2016. *Grupo Infostat*, FCA, UNC, Argentina.
- Gobierno de La Pampa. 2017. *Anuario Estadístico de La Pampa 2017*. <http://www.estadistica.lapampa.gov.ar/anuario-estadistico-2017.html>
- Herrero, M.A. 2010. Efluentes del tambo, ¿Algo molesto a eliminar o un recurso a utilizar? *Producir XXI*,19(230):68.
- INTI. 2010. *Caracterización y tratamiento de efluentes líquidos en la Industria Láctea*. Disponible en [www.inti.gob.ar/lacteos/](http://www.inti.gob.ar/lacteos/)
- Ministerio de Agroindustria. 2017. Subsecretaría de Lechería (Argentina).
- SENASA. 2018. *Sistema de Gestión Sanitaria/SIGSA* - Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales – Dirección Nacional de Sanidad Animal. /
- Subsecretaría de Ecología, La Pampa. 2006. *Decreto N° 2793/06 - vertidos industriales*.
- Taverna, M., Charlon, V., Panigatti, C., Castillo, A., Serrano, P. y Giordano, J. 2004. *Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de ambientes locales sanos*. INTA Rafaela, Argentina, 1-75.
- Valencia, D.E. y Ramírez Castillo, M.L. 2009. La industria de la leche y la contaminación del agua. Impacto ambiental: la problemática. *Elementos*, 73:27-31.