

POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE LOS SISTEMAS INTENSIVOS DE ENGORDE BOVINO EN CORRALES SOBRE TIERRA

Verónica Ciganda¹, Alejandro La Manna¹

Introducción

En el Uruguay, durante los últimos años se ha registrado un importante crecimiento en el número de predios rurales dedicados a la producción de carne bajo sistemas intensivos con animales confinados o "feedlots". La inocuidad ambiental de los predios rurales dedicados a la producción de carne bovina bajo sistemas intensivos con animales confinados en corrales sobre tierra (feedlots) es cuestionada por las autoridades públicas relacionadas a la protección ambiental debido a la elevada concentración e ineficiente utilización de grandes volúmenes de nutrientes como nitrógeno (N) y fósforo (P), considerados potenciales agentes contaminantes del agua y aire. Uno de los principales factores a tener en cuenta desde el punto de vista del impacto ambiental de un feedlot es su efecto sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Gilbertson *et al.* (1975) encontró que en promedio el 5.8 % del N y el 3.2 % del P presentes en el estiércol de feedlots son arrastrados por escurrimiento. El P transportado en el agua de escurrimiento puede causar un enriquecimiento de nutrientes en las aguas superficiales, resultando en un incremento de la productividad biológica. Este proceso se denomina eutrofización y ha sido identificado como la principal fuente de polución de las aguas superficiales (EPA, 1996; Sharpley *et al.*, 1999). En el caso que el nitrato (N-NO_3^-) alcance las aguas subterráneas y su concentración exceda las 10 ppm puede crear serios problemas en infantes, mujeres embarazadas y también en ganado (Madison *et al.*, 2002). Además, existiría cierto potencial de que estos sistemas de producción incrementen tanto la presencia como la sobrevivencia de distintos patógenos bacterianos presentes en las excreciones animales, los cuales pueden impactar en la calidad del agua utilizada para consumo humano. Existe abundante bibliografía que afirma que las características y el manejo de los feedlots sobre tierra modifican las propiedades físicas, hídricas y químicas del suelo debido a la acumulación de material orgánico. Esta modificación resulta en la formación de tres nuevas capas de suelo: 1. Estiércol compactado (capa de estiércol que se acumula rápidamente en la superficie); 2. Capa negra o Interfase (interfase mezcla de material orgánico y mineral del suelo); y 3. Suelo original alterado (superficie original del suelo modificada físicamente por la compactación del pisoteo animal y químicamente por la presencia del estiércol) (Mielke *et al.*, 1974). Estas alteraciones de la superficie del suelo modifican la capacidad de infiltración y escurrimiento del agua, que sumado al elevado contenido de nutrientes en el estiércol y la presencia de patógenos, afectan el potencial de contaminación de un feedlot sobre las aguas superficiales y subterráneas.

La infiltración y el lavado de nutrientes en profundidad en un feedlot están fuertemente restringidos por la formación y presencia de la segunda capa, la Capa Negra (Mielke *et al.*, 1974), la cual se forma luego de aproximadamente dos meses de presencia continua de animales en el feedlot y origina un auto-sellado de los corrales (Miller *et al.*, 2008). Probablemente este auto-sellado se genera por procesos físicos como la compactación por el pisoteo animal y la obstrucción física de poros por el estiércol y por procesos químicos como la dispersión de las arcillas por Na o K, o por mecanismos biológicos como la obstrucción de poros por subproductos de la descomposición anaeróbica (Mielke *et al.*, 1974; Miller *et al.*, 1985; McConkey *et al.*, 1990). Algunos autores han encontrado que la restricción que impone este auto-sellado es tan importante que minimiza el efecto del tipo textural del suelo sobre la infiltración de agua. Por ejemplo, Miller *et al.* (2008) encontraron que el perfil de distribución del Cl^- (utilizado como indicador natural de lixiviación) lixiviado del estiércol en un feedlot sobre un suelo de textura fina vs. en uno sobre textura gruesa no fue significativamente diferente y en ningún caso la acumulación de Cl^- superó los 70 cm de profundidad.

En cuanto al potencial de polución del agua de escurrimiento de un feedlot, este depende del tamaño del mismo, de las características del estiércol generado y de la intensidad, frecuencia y duración de los eventos de lluvia (Kisil *et al.*, 2006). El uso de modelos permitiría que estas condiciones multi-dimensionales y naturales sean simuladas basadas en parámetros reales y que, por lo tanto, se puedan tomar precauciones ante una posible contaminación ambiental o al menos minimizar el daño (Kisil *et al.*, 2006). Estos autores predijeron el transporte de N orgánico y P con coeficientes de correlación de 0.89

¹ Producción Animal, INIA La Estanzuela.

y 0.81, respectivamente, utilizando el modelo EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator) propuesto por Williams et al. (1984).

La información internacional respecto a medidas a tener en cuenta al momento de planificar la instalación de un feedlot es abundante. Esta información se origina principalmente en Canadá, EEUU y Australia y por lo tanto muchas recomendaciones se basan en parámetros locales como el régimen hídrico, tipo de suelo, frecuencia y velocidad del viento, etc., que no siempre se adaptan a nuestras condiciones. A nivel nacional se carece de información del impacto ambiental de los feedlots y tampoco se dispone de elementos científicos que aporten a la definición de regularizaciones para su instalación y manejo. Es sabido, sin embargo, que una adecuada localización, un diseño apropiado, y un correcto manejo de los feedlots pueden hacer que su impacto ambiental sea mínimo (EPA, 2007).

Existe, por lo tanto, en el Uruguay la necesidad de conocer el nivel actual y potencial de alteración de los recursos naturales afectados por la presencia de feedlots e identificar sus principales mecanismos de impacto sobre los recursos naturales para lograr acciones que minimicen el riesgo de contaminación ambiental.

Metodología y Descripción de los experimentos

a) Estudio en Feedlot Experimental

En el año 2009, se ha comenzado en INIA-LE con el monitoreo y cuantificación de nutrientes y patógenos presentes en el agua de escurrimiento en un feedlot experimental de 20 corrales. Cada corral tiene una superficie de 90 m² (6 m x 15 m) con tres animales cada uno (30 m² / animal). El feedlot se encuentra bajo un experimento de engorde de terneros a corral con dos niveles de ganancia de peso. Además, al momento de instalación del feedlot, se aplicaron tratamientos de “compactación” del suelo vs. “no compactación” (o testigo). La “compactación” se aplicó utilizando maquinaria vial a dos grupos de cinco corrales seguidos alternados con los corrales testigos (Figura 1).

Los tres corrales centrales de cada grupo de “compactado” y “no compactado” (total de 12 corrales) fueron aislados hidrológicamente para minimizar el escurrimiento sub-superficial de un corral hacia otro. Para esto, en los laterales de los tres corrales centrales de cada grupo se colocaron chapas metálicas galvanizadas de 40 cm de ancho enterradas aproximadamente 25 cm.

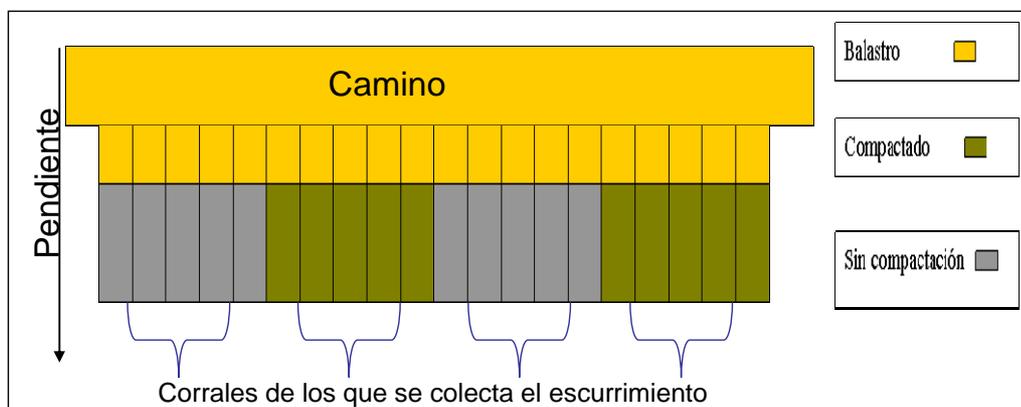


Figura 1. Diseño del feedlot experimental.

En el lateral inferior de cada uno de los 12 corrales se instalaron los colectores del agua escurrimiento. Estos consisten de una superficie plana de cemento en forma de embudo que conduce el agua hacia un “divisor de flujos” del cual se colecta una onceava parte (1/11) en un cajón plástico (Figura 2).

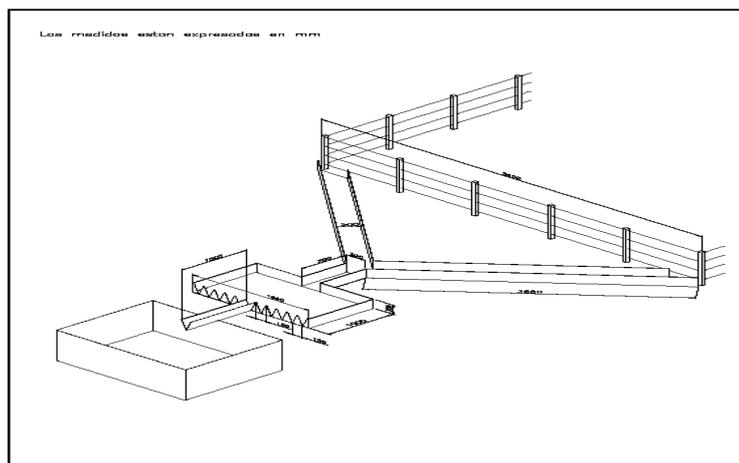


Figura 2. Diseño de los colectores de escurrimiento en los corrales del feedlot.

Luego de cada evento de lluvia, se mide la cantidad de agua colectada y se muestrea para distintos análisis químicos y microbiológicos, entre ellos nitrógeno total (N total), fósforo reactivo (P reactivo), coliformes totales (CT) y Escherichia Coli (E coli).

b) Estudio en Feedlots Comerciales

Este estudio se realiza sobre feedlots comerciales distribuidos en todo el país.

La metodología utilizada incluye la visita a cada uno de los sitios en los se determina la profundidad de la capa superior de estiércol y la profundidad de la capa negra o interfase. Además, utilizando un diseño probabilístico los suelos se muestrean a profundidad (0 – 90 cm). Con el propósito de obtener una medida de la variabilidad dentro del sitio, el muestreo se realiza en clusters: se seleccionan al azar tres clusters por sitio y de cada cluster se obtiene una muestra compuesta por cuatro sub-muestras lo que genera un total de 12 tomas por sitio. Cada sub-muestra se obtiene utilizando un calador hidráulico el cual muestrea un cilindro de suelo de 4.3 cm de diámetro y aproximadamente 100 cm de largo. Este cilindro es dividido en las siguientes cinco profundidades de muestreo (en cm): 0-7.5; 7.5-15; 15-30; 30-60; y 60-90 para determinaciones químicas de P total, P Bray, P orgánico, K, Na, N total, N-NO₃⁻, C orgánico, Cl, pH y determinación de clase textural (% de arena, limo y arcilla). Además, para disponer de valores de referencia se obtiene una muestra compuesta en un punto cercano al sitio de producción pero de mínima utilización productiva como por ejemplo debajo de un alambrado. Además se toman muestras manualmente con calador para determinar densidad aparente en las dos primeras profundidades de suelo y se utilizará un penetrómetro digital para obtener la información de la resistencia del suelo a la penetración de los primeros 60 cm de suelo a intervalos de 2 cm.

Resultados preliminares

a) Feedlot Experimental

Entre marzo y junio de 2009 se ha colectado el agua de escurrimiento de feedlot luego de cinco eventos de lluvia. Sin embargo, los ajustes de la técnica de muestreo y la cantidad de datos no posibilitan aún un análisis estadístico de la información. A modo de ejemplo, en el cuadro 1 se presentan resultados correspondientes a un solo evento de muestreo colectado inmediatamente después de una lluvia de 15 mm ocurrida en el mes de mayo de 2009.

Cuadro 1. Resultados de los análisis de agua de escurrimiento luego de un evento de lluvia de 15 mm.

Nº Corral	Tratamiento	Nitrógeno Total	P Reactivo Total
		mg L ⁻¹	mg P L ⁻¹
2	Compactado	224	12.1
3	Compactado	224	25.2
4	Compactado	322	24.4
7	No Compactado	266	39.4
8	No Compactado	364	43.1
9	No Compactado	448	47.0
12	Compactado	266	42.7
13	Compactado	308	46.4
14	Compactado	350	44.6
17	No Compactado	322	75.7
18	No Compactado	266	59.9
19	No Compactado	294	58.9

Los resultados muestran un rango de valores de las concentraciones de N (224-364 mg N L⁻¹) y de P (12 – 76 mg P L⁻¹) en el agua de escurrimiento comparable a los valores de concentración que aparecen en la bibliografía internacional. Por ejemplo, Kisil et al (2006) encontró que el contenido de nutrientes promedio en el agua de escurrimiento de feedlots de aprox 60 m² /animal fue de 152 mg L⁻¹ de N total y 50 mg L⁻¹ de P. En este muestreo, no se observaron diferencias importantes entre los corrales que tuvieron compactación y los testigos. En principio, esto es un resultado esperable ya que según Mielke (1974), la orina y el estiércol sólido tienen un alto contenido de Na y K que afectan las arcillas del suelo y las dispersan. Al mismo tiempo, el pisoteo de los animales sobre la superficie del suelo compacta esas arcillas dispersas transformándolas en una masa densa y poco aireada de estructura masiva. Estos procesos hacen que las características originales del suelo (textura, estructura, capacidad de infiltración) tengan una muy baja influencia en la capacidad de infiltración y escurrimiento del feedlot. Sin embargo, en condiciones en las que ocurre un secado del estiércol y de las capas subyacentes (por ejemplo: feedlots temporarios, feedlots abandonados), es posible que tanto el estiércol y las arcillas se contraigan generando grietas por las que el agua infiltra rápidamente pudiendo alcanzar el agua subterránea (Mielke et al, 1974). Este proceso podría ser más acentuado en las situaciones en las que no se compactó el suelo previamente.

b) Feedlot Comerciales

Se observaron niveles de concentración de N-NO₃⁻ bajos e inferiores a las 10 ppm en los estratos superficiales del suelo bajo uso de feedlot y en la referencia (Figura 3A). Estos valores incrementaron considerablemente en profundidad en el caso del feedlot hasta alcanzar valores cercanos a las 80 ppm de N-NO₃⁻. Sin embargo los valores de referencia permanecieron prácticamente constantes en los estratos inferiores. La concentración del P-Bray en el suelo mostró una distribución inversa (Figura 3B). La acumulación de P en la superficie fue muy elevada (> 300 ppm) para luego disminuir y ser mínima en los estratos inferiores. Los valores de referencia fueron inferiores a 25 ppm en el estrato superior e inferiores a 7 ppm en los demás estratos.

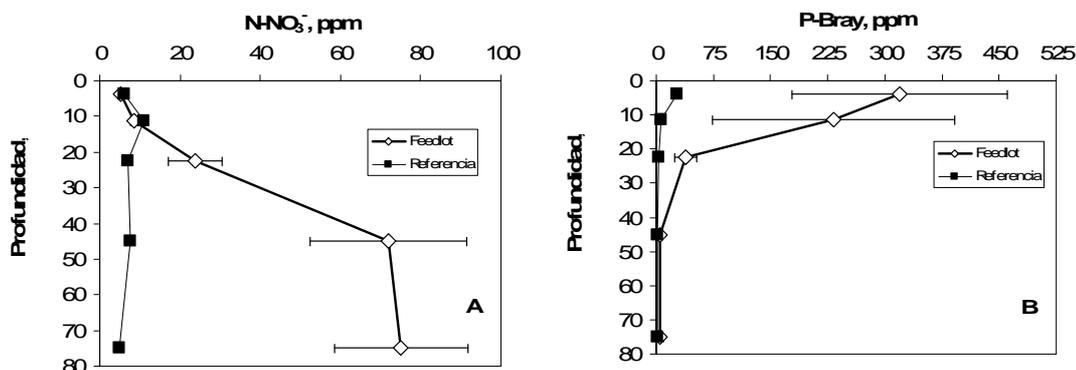


Figura 3. Distribución del N-NO₃⁻ (A) y P-Bray (B) en el perfil de suelo (0 – 90 cm) de un feedlot comercial.

Las mediciones de resistencia a la penetración en el suelo del feedlot mostraron un pico de 2500 MPa aproximadamente a los 8 cm (Figura 4). Estos valores disminuyeron y permanecieron constantes alrededor de 2000 MPa en los estratos inferiores. En suelos bajo uso agrícola de distintos puntos del país los valores observados han sido inferiores (Figura 4 insertada) (com pers., Quincke A., 2009)

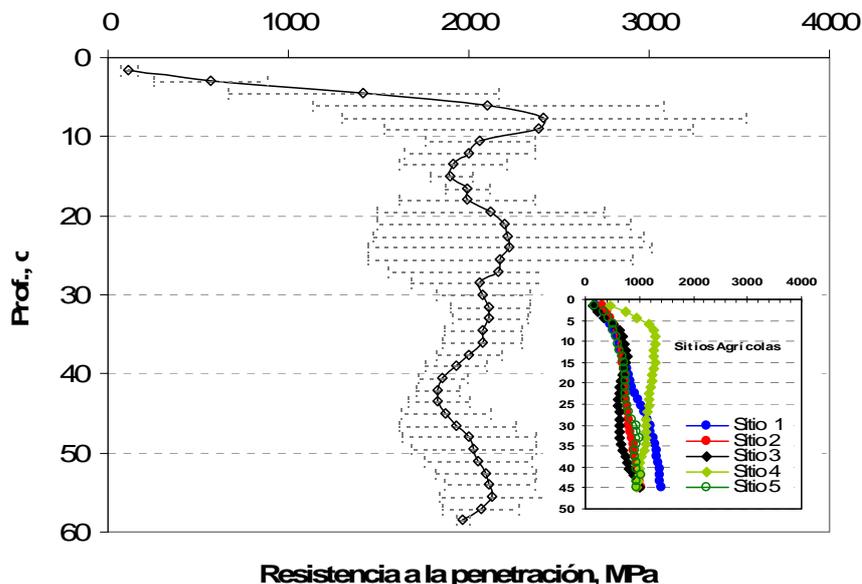


Figura 4. Resistencia a la penetración en un suelo de Feedlot y de varios suelos agrícolas (gráfica insertada, Quincke A., 2009).

Para los resultados mostrados en esta publicación, se ha observado que existió lixiviación de NO_3^- en profundidad. A su vez, los elevados valores de P en la superficie del suelo sumado a la resistencia a la penetración mostrada por el mismo, serían condiciones en las cuales las pérdidas de este nutriente por escurrimiento podrían ser importantes y por lo tanto su potencial de contaminación de aguas superficiales.

Bibliografía

- EPA (1996). Environmental indicators of water quality in the United States. EPA 841-R-96-002. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- EPA (2007) Environmental Protection Authority, South Australia. Environmental Assessment Guide for planners. Cattle Feedlots.
- Gilbertson C B; Ellis J R; Nienaber J A; McCalla T M; Klopfenstein T J (1975). Physical and chemical properties of outdoor beef cattle feedlot runoff. In Research Bulletin 271, The Agricultural Experiment Station, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, pp 3-16.
- Kizil U., J.A. Lindley y G. Padmanabhan. 2006. Verification of Nutrient Transport Modelling of a Bison Feedlot. Biosystems Engineering 94 (3), 453-460.
- Madison F; Kelling K; Massie L; Good L W (2002). Guidelines for applying manure to cropland and pasture in Wisconsin. University of Wisconsin Cooperative Extension Publications, A 3392, R-8-95-2M-E. Madison, WI.
- McConkey, B.G., C.D. Reimer, and W. Nicholaichuk. 1990. Sealing earthen hydraulic structures with enhanced gleization and sodium carbonate: I. Laboratory study of the effect of a freeze-thaw cycle and a drying interval. Can. Agric. Eng. 32:163-170.
- Mielke, L.N., N. P. Swanson, y T. M. McCalla. 1974. Soil Profile conditions of cattle feedlots. Journal of Environmental Quality 3, 1, 14-17.
- Miller, M.H., J.B. Robinson, y R.W. Gillham. 1985. Self-sealing of liquid manure storage ponds: I. A case study. J. Environ. Qual. 14:533-538.

- Miller J.J. , B.P. Handerek, B.W. Beasley, E.C. S. Olson, L. J.Yanke, F.J. Larney,T.A. McAllister, B.M. Olson, L.B. Selinger, D.S. Chanasyk y Paul Hasselback. 2004. Quantity and Quality of Runoff from a Beef Cattle Feedlot in Southern Alberta. *J. Environ. Qual.* 33:1088-1097.
- Miller J.J., T. Curtis, F.J. Larney, y T.A. McAllister. 2008. Physical and Chemical Properties of Feedlot Pen Surfaces Located on Moderately Coarse and Moderately Fine-Textured Soils in Southern Alberta. *J. Environ. Qual.* 37:1589-1598.
- Ogden, C.B., H.M. van Es, and R.R. Schindelbeck. 1997. Miniature rain simulator for measurement of infiltration and runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1041-1043.
- Sharpley A N; Daniel T; Sims T; Lemunyon J; Stevens R; Parry R (1999). Agricultural phosphorus and eutrophication. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-149. Washington, DC.
- Williams J R; Jones C A; Dyke P T (1984). A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. *Transactions of ASAE*, 27, 129-144.