

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA ASOCIADOS A LA EROSIÓN HÍDRICA EN UNA CUENCA DE PAMPA ONDULADA ARGENTINA

CELIO I. CHAGAS; JUAN MORETTÓN; OSCAR J. SANTANATOGLIA; MARTA PAZ; HUMBERTO MUZIO; MARCELO DE SIERVI & MARIO CASTIGLIONI

Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos. Facultad de Agronomía UBA
Cátedra de Higiene, Facultad de Farmacia y Bioquímica UBA
chagas@agro.uba.ar

Recibido: 00/00/00

Aceptado: 00/00/00

RESUMEN

La producción agropecuaria utiliza el 70% de los recursos hídricos superficiales. Una parte de esa agua es consumida por la ganadería, principalmente en forma de bebida animal. Existe un importante riesgo de contaminación biológica del agua asociada a dicha actividad, debido a que los patógenos eliminados a través de las deyecciones y orinas animales pueden ser transportados a las vías de agua, a través del escurrimiento superficial. El presente trabajo se realizó en la cuenca del arroyo del Tala, ubicada en la Pampa Ondulada y sujeta a intensos procesos de escurrimiento y erosión hídrica. En la cuenca existen explotaciones ganaderas extensivas asociadas a suelos hidro-halomórficos cercanos a las vías de agua y una cantidad creciente de explotaciones intensivas del tipo "engorde a corral". El principal uso agropecuario del agua del arroyo y de sus tributarios es en forma de bebida animal directa. Los objetivos del presente trabajo han sido analizar mediante algunos indicadores biológicos, la posible contaminación de las aguas y sedimentos acumulados en sectores bajos representativos de la actividad pecuaria de dicha cuenca y determinar el origen de su contaminación: humana o animal. Las aguas analizadas presentaron concentraciones de indicadores biológicos del grupo de los estreptococos y enterococos fecales compatibles con procesos de contaminación fecal de origen animal pero no de origen humano. Se observó una estrecha asociación entre la concentración de coliformes totales y la presencia de sólidos sedimentables originada por erosión hídrica, en las aguas de diversos ambientes bajos de la cuenca. De esta manera se puso de manifiesto la potencialidad de los sedimentos para actuar como transportadores de bacterias, algunas de las cuales pueden ser altamente patogénicas como es el caso de *Salmonella* spp. Los procesos de escurrimiento, erosión hídrica y contaminación biológica han probado estar relacionados entre sí a nivel de la cuenca bajo estudio.

Palabras clave. Escurrimiento superficial, sedimentos, coliformes, estreptococos, enterococos, bovinos.

XX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

ABSTRACT

Agriculture activities use 70% of the world water resources, partly for animal production and particularly cattle feeding. There is an outstanding risk of biological contamination associated with this kind of production because animal feces and urine containing pathogens can be transported to surface waterways through runoff. The present investigation was carried out in the Tala basin belonging to the Rolling Pampa region in which intense runoff and erosion processes are widespread. In this basin there are extensive cattle feeding farms which are located close to the natural waterways, in bottomlands with hydrohalomorphic soils. There is also an increasing surface devoted to feedlots and intensive swine and poultry productions. The main use of the surface waters from the river and tributaries is direct cattle drinking. The aim of the present work was to analyze through biological indicators, the potential contamination of runoff water and sediments accumulated in lowlands devoted to cattle production and to determinate their human or animal origin. The waters showed concentration of biological indicators belonging to faecal streptococci and enterococci which can be related to animal but no to human contamination processes. A close relationship was observed between total coliforms and erosion borne sediment concentration in the studied area. Thus, the capacity of these sediments for carrying bacteria potentially harmful for animal health like *Salmonella* spp. was confirmed. The runoff, erosion and biological contamination processes proved to be related in the studied basin.

Key words. Surface runoff, sediments, coliforms, streptococci, enterococci, bovine.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas superficiales tiene su origen en diversas fuentes tanto puntuales como difusas provenientes de la actividad urbana, periurbana y rural (Gardner *et al.*, 1999; Meijer *et al.*, 1999). Solsona (1999) reseña algunas de las acciones humanas que han tenido efecto sobre la calidad del agua: la construcción de presas, canales, caminos, la tala de bosques, el uso indiscriminado de tierras para cultivos, las emanaciones de la industria y el propio asentamiento humano. Ongley (1997) menciona que la causa central de la degradación de la calidad de los ríos, arroyos y lagos de EE.UU. es la actividad agropecuaria la cual aporta sedimentos a través de erosión hídrica, nutrientes, agentes patógenos y plaguicidas. Esto coincide con lo señalado por Coote & Gregorich (2000) y Quinn & Stroud (2002).

Por su parte, la producción agropecuaria es la actividad que más cantidad de agua dulce consume, pues utiliza el 70% de los suministros hídricos superficiales a nivel mundial (Ongley, 1997). Una parte de esa agua es consumida por la ganadería, principalmente en forma de bebida animal. Teniendo en cuenta que una vaca de ganado de carne consume alrededor de 55 litros de agua por día y una vaca lechera en lactancia, entre 70 y 140 litros de agua por día (Coote & Gregorich, 2000), se comprende la magnitud del consumo de agua ganadero, que excede largamente al consumo humano de agua potable de nuestro país.

Existe un importante riesgo de contaminación biológica del agua asociada a la actividad ganadera, debido a que los patógenos eliminados a través de las deyecciones y orinas animales pueden ser transportadas por escurrimiento a las vías de agua. Los patógenos pueden alcanzar el agua también por vía directa, a través del ingreso de los animales infectados a los cursos de agua. Entre los patógenos más importantes merecen destacarse el protozoario *Cryptosporidium* que afecta tanto a humanos como a animales, microorganismos tales como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Leptospyra* spp., *Campylobacter* spp., virus y otros patógenos como *Giardia* spp. (protozoario) y *Fasciola hepática* (metazoario) (Dutra *et al.*, 2001; LeJeune *et al.*, 2001; Purdy *et al.*, 2001; Wing *et al.*, 2002).

Algunos trabajos destacan que ciertos patógenos pueden sobrevivir más tiempo en el agua superficial cuando los mismos se encuentran asociados a sedimentos suspendidos en el agua o depositados en el fondo de los cursos (Sherer *et al.*, 1992; Edwards *et al.*, 1997). Ese proceso se vería favorecido por el enriquecimiento de sustancias orgánicas en los sedimentos originados por erosión hídrica (Sharpley, 1985; Chagas, 1995). Los sólidos sedimentados pueden resuspenderse en el agua debido al trán-

sito de los animales y/o por acción de los grandes escurrimientos (Stephenson & Rychert, 1982). Estos materiales actúan al mismo tiempo como transportadores y como destinos de los contaminantes biológicos.

Como se deduce de lo expuesto, la contaminación del agua superficial por la actividad agropecuaria depende en gran parte de las características climáticas, geomorfológicas, edáficas y de uso de la tierra de las cuencas en las que se realiza dicha actividad, siendo el escurrimiento superficial el eje que permite articular entre sí a todas estas variables.

En la Pampa Ondulada, se ha producido una creciente agriculturización en las áreas altas que poseen aptitud para tal fin. Los sectores de planos aluviales se siguen explotando bajo ganadería extensiva, en concordancia con su capacidad de uso. Estos ambientes bajos son susceptibles de sufrir erosión hídrica (Gottfriedt *et al.*, 2004). En las mencionadas cuencas también se han establecido explotaciones intensivas de engorde vacuno a corral ("feed-lots") las que se suman a otras producciones animales aviares y porcinas preexistentes y que pueden contaminar biológicamente las aguas superficiales mediante procesos de escurrimiento superficial (Chagas *et al.*, 2005). La cuenca del arroyo del Tala y cuencas vecinas constituyen un ejemplo de lo antes señalado. Resulta importante establecer el grado de afectación que produce la actividad agropecuaria en general y la ganadería en particular en los cursos de agua superficial, debido a que los mismos se utilizan como recurso para bebida animal directa.

Por todo lo expuesto, los objetivos del presente trabajo han sido analizar mediante algunos indicadores biológicos, la posible contaminación de los sedimentos acumulados en sectores bajos representativos de la actividad pecuaria de una cuenca de la Pampa Ondulada, y determinar el origen de la contaminación: humana o animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del Área

La cuenca del Arroyo del Tala posee una superficie aproximada de 865 km² y se encuentra ubicada en el sector NE de la provincia de Buenos Aires, a 160 km de la Capital Federal, en la región Pampa Ondulada. El clima del área es templado húmedo y la precipitación anual media durante el período 1965-1997, fue de 1.070 mm (INTA, 1997). La forma de la cuenca es rectangular alargada con ensanchamientos en sus extremos. El cauce principal posee una longitud de 71 km en dirección O-E. Para los estudios realizados se consideró dentro de la cuenca total del Arroyo del Tala un sector que ocupa una superficie de 604 km y que en

adelante se denominará cuenca. Sus coordenadas son 33° 50' latitud S y 59° 52' longitud O. El tercio superior de la cuenca comprende una superficie de aproximadamente 390 km² y se caracteriza por poseer áreas cóncavas con drenaje pobre, encauzándose los escurrimientos a través de zanjones y zanjas hacia el cauce principal arroyo del Tala. El tercio medio de la cuenca comprende una superficie parcial de 116 km² y acumulada de 506 km² respectivamente y se caracteriza por poseer sectores en pendiente con gradientes entre 1 y 2%. Los suelos corresponden a fases por erosión de Argiudoles vérticos y típicos (INTA, 1973). El uso de la tierra es principalmente agrícola-ganadero. A su vez, existen áreas con pendientes menores al 1% ocupadas principalmente por suelos Natracualf afectados por distinto grado de erosión hídrica. Dichas áreas bajo uso ganadero corresponden al plano aluvial del arroyo del Tala. El tercio inferior comprende una superficie parcial de 98 km² y acumulada de 604 km², respectivamente. Esta área se caracteriza por poseer pendientes máximas superiores a las del sitio anterior (2 a 3% de gradiente). Los suelos corresponden a fases erosionadas de Argiudoles típicos. El uso de la tierra es agrícola extensivo y también fruti-hortícola.

El agua del arroyo constituye un recurso importante para la bebida animal directa en toda la cuenca, habida cuenta que los lotes bajos de uso ganadero, se hallan ubicados linderos al curso principal. La población humana de la zona es relativamente escasa. La principal industria es el Frigorífico Ramallo, que cuenta con una planta tratadora de efluentes líquidos.

Estrategia de muestreo de aguas y sedimentos

Se planteó una estrategia de muestreo que contemple la variabilidad temporal y espacial de los atributos de esta cuenca. Los muestreos se realizaron en forma estacional durante el período verano 2004- primavera 2005 abarcando tanto los períodos fríos y cálidos como los períodos secos (de estiaje) y húmedos (de crecidas) del arroyo del Tala.

El estudio se centró en el tercio medio de la cuenca ya que este sector integral los efectos del tercio superior y ambos tercios ocupan más del 50% del área total, abarcando una importante superficie de bajos dedicada a la ganadería y un sector alto dedicado principalmente a la agricultura extensiva y en menor grado a ganadería en rotación. Allí se muestrearon las siguientes situaciones: Hoyadas y cubetas generadas por erosión hídrica ubicadas en vaguadas que atraviesan las áreas bajas dedicadas a ganadería extensiva (campos Los Patricios UBA y La Teresa), sector ganadero de la subcuenca del arroyo Chico (campo La Esperanza), vaguada de una microcuenca donde existe un *feed-lot* (establecimiento Proteco, Santa Lucía), orilla y curso de agua principal del arroyo del Tala (campo Los Patricios UBA). Las muestras fueron recogidas luego de simular la remoción de los sedimentos del fondo, que ejercería un animal al ingresar a dichos sitios. Paralelamente se tomó agua de un molino ubicado en el plano aluvial del arroyo del Tala (Campo Los Patricios UBA), el cual se utilizó como análisis de referencia (testigo).

Determinaciones biológicas realizadas en las muestras de agua

Se analizó la presencia directa o indirecta de algunos indicadores de contaminación fecal animal o humana presentes en el agua y las partículas acarreadas por el escurrimiento que, debido a su tamaño y/o densidad, resultaban fácilmente sedimentables. Uno de los indicadores utilizados es el grupo de microorganismos coliformes, siempre presentes en grandes cantidades en las heces del ser humano y de animales comúnmente denominados "de sangre caliente" tales como los mamíferos y las aves, aunque su utiliza-

ción posee dificultades para discriminar el origen humano o animal de dicha contaminación lo cual resultaba de gran importancia para este trabajo. Por tal motivo se estudiaron además, otros microorganismos indicadores de contaminación fecal pertenecientes al género *Streptococcus* o *Enterococcus*. En este caso se encuentran especies que, si bien son eliminadas en un número menor al de los coliformes, tienen una mayor resistencia en el ambiente y es posible rastrear su fuente. Este último punto fue considerado de particular importancia en el presente trabajo ya que permitiría cuantificar el posible impacto de vertidos cloacales en localidades vecinas en relación al impacto de la contaminación difusa generada por el ganado vacuno. La posibilidad de discriminar entre especies cuya fuente principal son animales o humanos ha sido un campo de estudio importante en los últimos años (Wheeler *et al.*, 2002). Entre las distintas posibilidades se han decidido utilizar en este trabajo las técnicas clásicas de cuantificación para *Enterococcus* descritas por APHA *et al.* (1998). Estas técnicas se aplicaron a las muestras de agua cruda, tal como se recolectan, a las mismas muestras filtradas y a las partículas aisladas de dichos filtrados. Las muestras de agua con sedimento se filtraron y el sedimento obtenido se resuspendió en agua destilada o en solución fisiológica para separar los microorganismos presentes por agitación energética. Las suspensiones así obtenidas se inocularon en placas de medios selectivos y diferenciales o en tubos para realizar determinaciones del número de microorganismos viables por la técnica de recuento en placa o de número más probable respectivamente, según correspondiera (APHA *et al.*, 1998). Paralelamente se realizaron ensayos de tipificación en microorganismos aislados de las muestras. Por su fácil aplicación y relativo bajo costo se recurrió a la tecnología API de la empresa bioMérieux sa. El propósito en este caso fue determinar la contribución relativa de cada fuente a la contaminación por *Enterococcus*. Esto fue posible gracias a que a la fecha existe una gran base de datos de las características fenotípicas de estos microorganismos presentes en distintas especies animales. La tecnología API empleada consistió en un sistema de identificación de *Enterococcus* y otros gérmenes emparentados mediante la utilización de 20 ensayos bioquímicos de elevado poder discriminante que permiten detectar las actividades enzimáticas o de fermentación de azúcares. Para ello se utilizan 20 microtubos que contienen los substratos deshidratados para detectar actividades metabólicas. Los ensayos enzimáticos fueron inoculados mediante una suspensión densa que se realizó partiendo de un cultivo puro que reconstituye los medios. Las reacciones que ocurrieron durante la incubación se detectaron mediante los cambios de color tanto espontáneos como inducidos que surgieron de la revelación por el agregado de reactivos. Por su parte, los ensayos de fermentación se inocularon con un medio enriquecido que contenía un indicador de pH, para rehidratar los azúcares. El metabolismo de los hidratos de carbono provocó acidificación lo cual hizo variar el color del indicador. La identificación de los microorganismos se realizó con la ayuda de un catálogo analítico y de un software específico de identificación. La tabla de identificación incluyó los siguientes tests: 1) componente activo: piruvato sódico, reacciones/enzimas: producción de acetona (Voges Proskauer); 2) componentes activos: ácido hipúrico, reacciones/enzimas: hidrólisis (ácido hipúrico); 3) componente activo: esculina, citrato de hierro, reacciones/enzimas: hidrólisis beta-glucosidasa (esculina); 4) componentes activos: ácido piroglutámico-beta-naftilamida, reacciones/enzimas: pirolidoniol anlamidasa; 5) componente activo: 6-bromo-2-naftil-alfaD-galactopiranosida, reacciones/enzimas: alfa-galactosidasa; 6) componente activo: ácido naftol-glucurónico, reacciones/enzimas: beta-glucuronidasa; 7) componente activo: 2-naftil-betaD-galactopiranosida, reacciones/enzimas: beta-galactosidasa; 8) componente activo: 2-naftil fosfato, reacciones/enzimas: fosfatasa alcalina; 9) componente activo: L-leucina-beta-

naftilamida, reacciones/enzimas: leucina amido peptidasa; 10) componente activo: L-arginina, reacciones/enzimas: arginina dihidrolasa; 11) componente activo: D-ribosa, reacciones/enzimas: acidificación (ribosa); 12) componente activo: L-arabinosa, reacciones/enzimas: acidificación; 13) componente activo: D-manitol, reacciones/enzimas: acidificación; 14) componente activo: D-sorbitol, reacciones/enzimas: acidificación; 15) componente activo: D-lactosa de origen bovino, reacciones/enzimas: acidificación; 16) componente activo: D-trehalosa, reacciones/enzimas: acidificación; 17) componente activo: inulina, reacciones/enzimas: acidificación; 18) componente activo: D-rafinosa, reacciones/enzimas: acidificación; 19) componente activo: almidón, reacciones/enzimas: acidificación; 20) componente activo: glicógeno, reacciones/enzimas: acidificación.

Análisis estadístico

Se llevaron a cabo análisis de regresión lineal (Snedecor & Cochran, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Asociación entre microorganismos y sedimentos

La carga media de sólidos sedimentables que se midió en las muestras de agua superficial fue de 5,35 g/L con un coeficiente de variación de 100%.

En promedio, la concentración de microorganismos en las aguas superficiales analizadas fue la siguiente: mesófilos viables: 96.903 UFC/mL, coliformes: 3.076 UFC/mL y

estreptococos y enterococos fecales: 236 UFC/mL. El coeficiente de variación de la concentración de coliformes totales, estreptococos y enterococos fue cercano al 200% indicando importantes variaciones tanto espaciales como temporales. En el agua del molino empleada como testigo no se detectó la presencia de estreptococos y enterococos fecales, lo que indica que dichas aguas no presentaban contaminación fecal.

En las Figuras 1, 2 y 3 se observa el resultado de ajustar modelos de regresión lineal a las muestras de agua superficial analizadas. La Figura 1 muestra la estrecha relación existente entre el contenido de microorganismos mesófilos viables presentes en los sedimentos, respecto de la concentración de los mismos en el total de la muestra (agua más sedimentos). Lo propio ocurrió al analizar los coliformes totales (Figura 2). En ambos casos los modelos de regresión lineal se ajustaron con un elevado coeficiente de determinación y sus parámetros prácticamente coincidieron con la recta 1:1, lo cual probaría que, de la concentración total de microorganismos presentes en las muestras de agua, la mayor parte proviene de la fracción sólida, es decir, adsorbida a los sedimentos.

En el caso de la Figura 1, los resultados muestran la importante riqueza microbiológica que se encuentra asociada con la fracción sólida, ya que este grupo microbiano comprende numerosas especies con características y funciones ecosistémicas de gran diversidad.

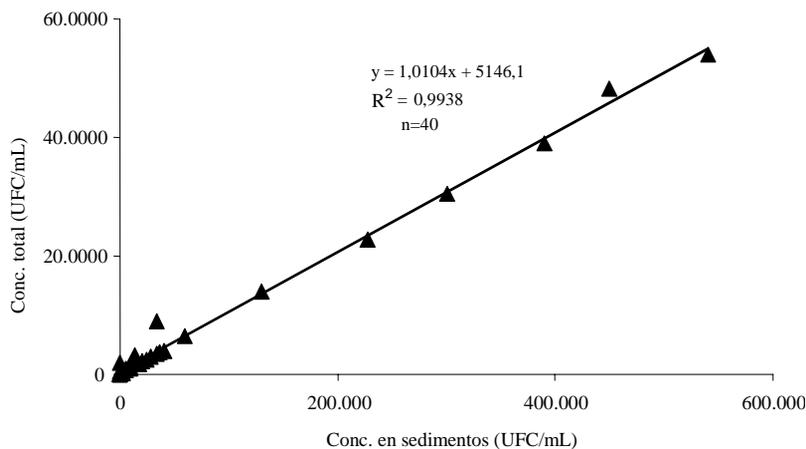


Figura 1. Concentración total de microorganismos mesófilos viables presentes en las muestras de agua sin filtrar, en relación a la concentración de los mismos en los sedimentos retenidos en el filtro.

Figure.....

En el caso de la Figura 2, los resultados son destacables habida cuenta que dentro del grupo de los coliformes, existen bacterias altamente patógenas para el ganado, tales como las del género *Salmonella*, cuya presencia en caso de haber animales enfermos, pondría en peligro a otros

animales alejados aguas abajo de la cuenca, en circunstancias en que los mismos entrarán en contacto con las aguas de escurrimiento provenientes del área anterior.

La Figura 3 muestra que los microorganismos del grupo de los estreptococos y enterococos fecales tal co-

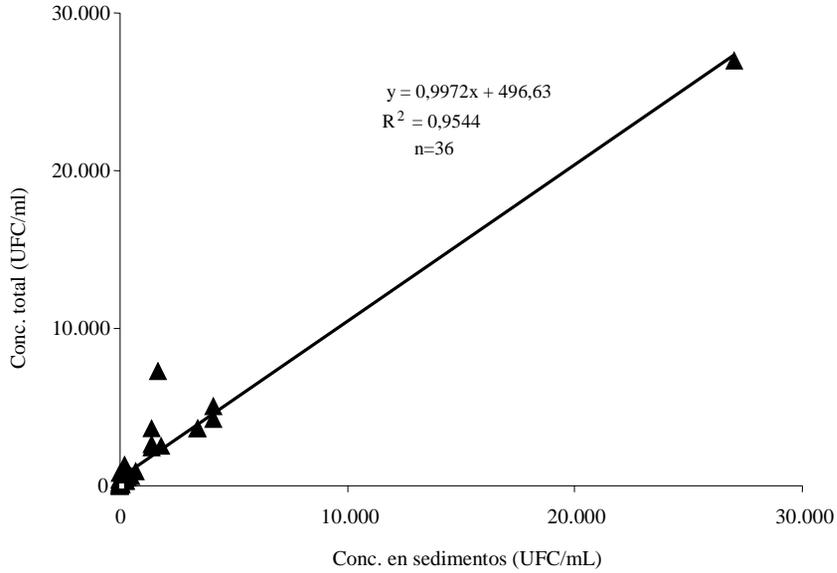


Figura 2. Concentración total de microorganismos coliformes totales presentes en las muestras de agua sin filtrar, en relación a la concentración de los mismos en los sedimentos retenidos en el filtro.

Figure.....

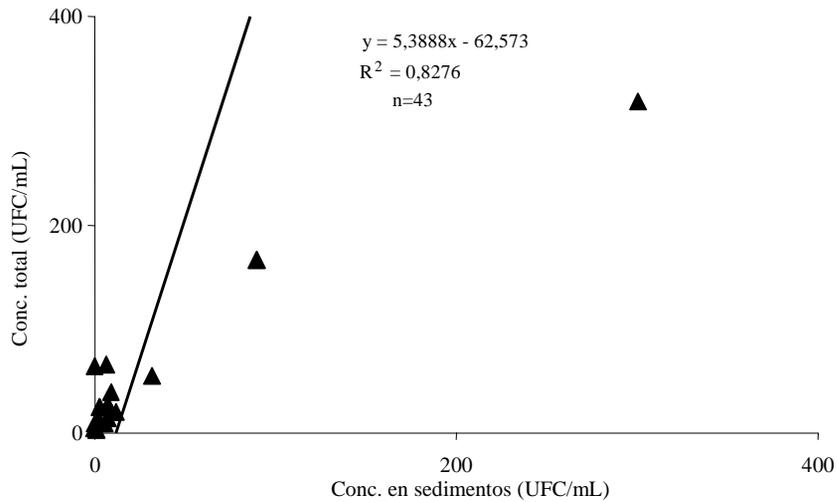


Figura 3. Concentración total de estreptococos y enterococos fecales presentes en las muestras de agua sin filtrar, en relación a la concentración de los mismos en los sedimentos retenidos en el filtro.

Figure.....

mo los denomina Suárez Pita (2002), no se asociaron íntimamente con los sedimentos, ya que el ajuste del modelo de regresión lineal presentó un menor coeficiente de determinación que en los casos anteriores y además, se observa una pendiente de la recta superior a 1. Estas diferencias de comportamiento de los coliformes y los estreptococos y enterococos fecales frente a la fracción sólida podría deberse a diferencias morfológicas entre ambos grupos de microorganismos.

Con respecto a los sedimentos analizados, cabe mencionar que los mismos han sido recolectados en posiciones bajas, compatibles con procesos de erosión-sedimentación, tal como se señala en el trabajo de Buján *et al.* (2003) realizado empleando la técnica del ^{137}Cs en una de las microcuencas estudiadas. Paralelamente Chagas *et al.* (2005) probaron mediante lluvia simulada a campo, que existía un intenso transporte de microorganismos asociados al escurrimiento y a los sólidos suspendidos en el área bajo estudio, que podrían acumularse en las posiciones bajas del paisaje. Ambos trabajos explicarían la presencia de los diversos tipos de microorganismos hallados en los sólidos sedimentados de los bajos de esta área.

Origen de los estreptococos y enterococos fecales

Suárez Pita (2002) señala que es discutida la validez de los enterococos y estreptococos fecales para indicar contaminación fecal en áreas tropicales pues los mismos a menudo tienen su origen en los suelos. Sin embargo, no se mencionan objeciones para su empleo en áreas templadas tales como la Pampa Ondulada.

Hasta hace pocos años, para establecer el origen animal o humano de la contaminación biológica del agua, era común emplear la relación entre las concentraciones de los coliformes fecales frente a los estreptococos fecales. Dicha relación no es recomendada en la actualidad (APHA *et al.*, 1998), debido entre otros motivos, a que existe diferencia en el grado de supervivencia de las diversas especies que abarcan los géneros involucrados.

En el presente trabajo, se empleó el criterio de analizar los diferentes géneros y especies que componen el grupo de los estreptococos y enterococos fecales para determinar su origen humano o animal. En tal sentido Moellering citado por Suárez Pita (2002), señala que en el 85-90% de los aislamientos asociados a la contaminación por actividad humana (por ejemplo, en nosocomios) se detecta *Enterococcus faecalis* mientras que en solo el 5-10% se detecta *Enterococcus faecium*. Esto coincide con lo señalado por Wheeler *et al.* (2002).

Los resultados obtenidos empleando el método bioquímico API sobre las muestras de San Pedro, indica que

se detectaron las siguientes especies: *Enterococcus durans*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus gallinarum*, *Enterococcus casseliflavus* y también se detectó el género *Leuconostoc*. Estos resultados que abarcan la variabilidad espacial y temporal de la cuenca, ponen de manifiesto que la contaminación biológica asociada a las aguas y sedimentos del arroyo del Tala, no estaría relacionada con las heces humanas sino con la de los animales. Prueba de ello es que en ningún caso se detectó *E. faecalis* a pesar de haberse encontrado *E. faecium* en numerosas muestras. Sin embargo no se puede aseverar que los microorganismos provengan exclusivamente de la actividad ganadera, ya que hay especies asociadas a las aves y otros animales, tanto domésticos como silvestres.

CONCLUSIONES

Las aguas con sedimentos pertenecientes a diferentes sectores bajos representativos de la cuenca media del arroyo del Tala y áreas aledañas han mostrado concentraciones de indicadores biológicos del grupo de los estreptococos y enterococos fecales compatibles con procesos de contaminación fecal de origen animal, pero no de origen humano.

Se observó una estrecha asociación entre los coliformes totales y la presencia de sólidos sedimentables en diferentes ambientes bajos de la cuenca, indicando la potencialidad de estos sólidos para actuar como transportadores de bacterias de dicho grupo, algunas de las cuales podrían presentar alta patogenicidad tal como *Salmonella* spp. pudiendo afectar potencialmente la calidad del agua superficial para bebida animal en la cuenca bajo estudio.

Los procesos de escurrimiento, erosión hídrica y la contaminación biológica han probado estar relacionados entre sí a nivel de la cuenca bajo estudio.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por la Universidad de Buenos Aires, proyecto UBACYT G023

BIBLIOGRAFÍA

American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American Public Health Association, Washington D.C.

- Bujan, A; OJ Santanatoglia; CI Chagas; M Massobrio; M Castiglioni; M Yañez; H Ciallella & J Fernandez. 2003. Soil erosion evaluation in a small basin through the use of ¹³⁷Cs technique. *Soil Tillage Res.* 69:127-137.
- Chagas CI. 1995. Efectos de la rugosidad superficial, el tamaño de agregados y la estabilidad estructural sobre la erosión entre surcos en un Argiudol. *Ciencia del Suelo* 13:85-90.
- Chagas, CI; OJ Santanatoglia; J Morettón; M Paz; MV Piazza; C Irurtia; MDe Siervi; H Muzio & MG Castiglioni. 2005. Runoff quality of livestock fields in the Rolling Pampa, Argentina, obtained by simulated rainfall. International Conference "Environmental Change and Rational Water Use". Commission of Water Sustainability of the International Geographic Union. Buenos Aires, Argentina 29 de agosto al 1 de setiembre de 2005. Pag 95.
- Coote, DR & LJ Gregorich. 2000. The health of our water- Toward a sustainable agriculture in Canada. Publication 2020. Research branch. Agriculture and Agri-food, Canada. 173 pp
- Dutra, IS; J Dobreiner; IV Rosa; LAA Souza & M Nonato. 2001. Botulism outbreaks in cattle in Brazil associated with contaminated water. *Pesquisa Veterinaria Brasileira* 21: 43-48
- Edwards, DR; MS Coyne; PF Vendrell; TC Daniel; PA Moore & JF Murdoch. 1997. Fecal coliform and *Streptococcus* concentrations in runoff from grazed pastures in northwest Arkansas. *J. Am. Water Res. Assoc.* 33:413-422.
- Gardner, W; K Broersma; D Eldridge & D Freudenberg. 1999. Health and performance of beef cattle ingesting Mo rich forage and water high in Mo and SO4. Proceedings of the VI International Rangeland Congress, Townsville, Queensland, Australia, 19-23 July, 1999. Volumes 1 and 2. PP 978-979.
- Gottfried, G; MDe Siervi; CI Chagas & AF Iorio. 2004. Erosión laminar en suelos de Pampa Ondulada con contenidos contrastantes de sodio intercambiable. *Ciencia del Suelo* 22:123-128.
- INTA. 1973. Carta de Suelos. Hoja 3360-33. Pérez Millán. E=1:50.000. 45 p.
- INTA. 1997. Información meteorológica provista por la Estación Experimental Agropecuaria San Pedro, período 1965-1997.
- Lejeune, JT; TE Besser; NL Merrill; DH Rice & DD Hancock. 2001. Livestock drinking water microbiology and the factors influencing the quality of drinking water offered to cattle. *J. Dairy Sci.* 84:1856-1862.
- Meijer, G; J De Bree; JA Wagenaar; SF Spoelstra & J DE Bree. 1999. Sewerage overflows put production and fertility of dairy cows at risk. *J. Environ. Qual.* 28(4):1381-1383.
- Ongley, ED. 1997. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 55, FAO, Roma. 116 pag.
- Purdy, CW; DC Straus; DB Parker; BP Williams & RN Clark. 2001. Water quality in cattle feed yard playas in winter and summer. *Am. J. Vet. Res.* 62: 1402-1407.
- Quinn, JM & MJ Stroud. 2002. Water quality and sediment and nutrient export from New Zealand hill-land catchments of contrasting land use. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 36: 409-429.
- Sharpley, AN. 1985. The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 1527-1534.
- Sherer, BM; JR Miner; JA Moore & JC Buckhouse. 1992. Indicator bacterial survival in stream sediments. *J. Environ. Qual.* 21:591-595.
- Snedecor, GW & WG Cochran. 1980. Statistical methods, 7th Edn. Iowa University Press.
- Solsona, F. 1999. Cantidad y calidad de las agua en el mundo y en el Mercosur. Actas del Taller sobre normas de calidad de agua para distintos usos en el Mercosur. Rosario Argentina, 9 y 10 de diciembre de 1999. Comité Académico de Aguas AUGM, Asociación de Universidades Grupo Montevideo, UNESCO. PP 9-12.
- Stephenson, GR & RC Rychert. 1982. Bottom sediment: a reservoir of *Escherichia coli* in rangeland streams. *J. Range Manage.* 35:120-125
- Suarez Pita, M. 2002. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.* 40:38-43.
- Wheeler, AL; PG Hartel; DG Godfrey; JL Hill & W Segars. 2002. Potential of *Enterococcus faecalis* as a human fecal indicator for microbial source tracking. *J. Environ. Qual.* 31:1286-1293.
- Wing, S; S Freedman & L Band. 2002. The Potential impact of flooding on confined animal feeding operations in eastern North Carolina. *Environmental Health Perspectives* 110:387-392.