

---

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ORIENTACIÓN ECOLOGÍA

INFORME DE PASANTÍA

**CALIDAD DE AGUA Y DE LA ZONA RIBEREÑA EN SISTEMAS  
LÓTICOS DE REGIONES GANADERAS EXTENSIVAS Y  
LECHERAS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA**

**ABRIL 2010**

Verónica Etchebarne  
chacha253@gmail.com

**Orientador:** Dr. Guillermo Chalar  
gchalar@fcien.edu.uy

**Tribunal:**  
Dr. Rafael Arocena  
MSc Lorena Rodríguez

---

Agradezco a mi compañero Gonzalo por la fuerza que siempre me da, las charlas y las reflexiones..y la paciencia!!! A mi hermana Gaby y a toda mi familia pandense y montevideana; a mis amigos, en especial a Pablo, a Natalia y a María. A Nilda compañera y amiga del Puerto. A Silvana por su apertura y todo lo compartido. Le agradezco a Lorena por el tiempo de leer el trabajo y compartir sus comentarios. Por último agradezco a Guillermo y a Rafael, por la paciencia de leer y releer ...y releer, sus ganas de enseñar y el apoyo y la motivación que me brindaron.

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>Abreviaciones</b>	3
<b>Resumen</b>	4
<b>1. Introducción</b>	5
<b>2. Antecedentes del área de estudio</b>	8
<b>3. Objetivos</b>	
<b>3.1</b> Objetivo general	9
<b>3.2</b> Objetivos específicos	9
<b>4. Área de estudio</b>	9
<b>5. Materiales y métodos</b>	
<b>5.1</b> Parámetros fisicoquímicos	11
<b>5.2</b> Zona ribereña	13
<b>5.3</b> Análisis estadísticos	13
<b>6. Resultados</b>	
<b>6.1</b> Parámetros fisicoquímicos	14
<b>6.2</b> Zona ribereña	19
<b>6.3</b> Relación entre las variables fisicoquímicas. Asociación con la zona ribereña	22
<b>7. Discusión</b>	
<b>7.1</b> Parámetros fisicoquímicos	25
<b>7.2</b> Relación entre los parámetros fisicoquímicos y la zona ribereña	27
<b>8. Consideraciones finales</b>	30
<b>9. Bibliografía</b>	31
<b>ANEXOS</b>	
<b>1</b> Mapa con las estaciones de muestreo	35
<b>2</b> Valores de los parámetros de todas las estaciones en cada salida	37
<b>3</b> Índice QBR	41
<b>4</b> Resultados del QBR	44

## ABREVIACIONES

ACP	Análisis de los componentes principales
Alc	Alcalinidad
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
JICA	Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional
MO%	Porcentaje de Materia Orgánica
MOS	Materia Orgánica en Suspensión
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ,	Amonio
NID	Nitrógeno Inorgánico Disuelto
NO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Nitrato
NT	Nitrógeno Total
O	Estaciones de cuencas predominantemente ganaderas extensivas
OD	Oxígeno Disuelto
Or	Orden de los cursos
OXIG%	Porcentaje de saturación de oxígeno
Pend	Pendiente del curso
PRS	Fósforo Reactivo Soluble
PT	Fósforo Total
Q	Estaciones de cuencas predominantemente lecheras
QBR	Índice de calidad de la rivera
SST	Sólidos Suspendidos Totales

## Resumen

La calidad de los cursos de agua depende de sus comunidades biológicas y sus características fisicoquímicas, influyendo también la estructura de su zona ribereña, las características naturales de sus cuencas y sus usos antrópicos. Las actividades ganaderas extensivas y lecheras provocan un aumento de la erosión y de la concentración de nutrientes, lo que puede causar eutrofización. Asimismo, estas actividades modifican el canal y la zona ribereña de los cursos. Existe evidencia de que la zona ribereña natural amortigua estos impactos. El presente trabajo comparó la calidad ambiental entre cuatro cursos de agua de cuencas de uso ganadero extensivo y tres de cuencas de uso lechero de la cuenca del Río Santa Lucía en Florida. Se analizaron parámetros fisicoquímicos del agua y características de la zona ribereña. Para ambos usos se registró una correlación negativa entre la concentración de oxígeno y los nutrientes (N y P), lo que indicaría que los aportes de nutrientes estarían causando un aumento de los procesos de consumo de oxígeno, característico de los procesos de eutrofización. Se evidenciaron dos procesos que estarían actuando: *aportes de materia orgánica* y *aportes de nitrato*. Las estaciones ganaderas extensivas se relacionaron negativamente con ambos procesos, mientras que las estaciones lecheras se relacionaron positivamente a ambos procesos. Ambas actividades afectan la calidad de agua y de su zona ribereña, siendo las estaciones lecheras las más afectadas. Este estudio contribuye a evidenciar la necesidad de una visión integral de los sistemas de producción ganaderos, la zona ribereña y la cuenca. Es necesario tomar medidas para disminuir el impacto de estas actividades y continuar generando conocimiento que permita mejorar el manejo de estos medios de producción para conservar los sistemas acuáticos. A su vez, en siguientes investigaciones, es necesario contemplar y profundizar el estudio de la zona ribereña al evaluar la calidad ambiental de los sistemas acuáticos.

## 1. Introducción

La calidad de los sistemas acuáticos depende de sus características fisicoquímicas así como de sus comunidades biológicas y de sus cuencas de drenaje. Las características regionales de la cuenca, como el clima, la geología, la topografía, la vegetación, la hidrología y el tipo de suelo, así como el uso del suelo dado por el hombre, determinan en parte su calidad de agua (Likens 1984, Kalff 2003).

Los ecosistemas lóticos son sistemas abiertos, conectados con su curso de forma longitudinal y con su planicie de inundación (Vannote *et al.* 1980). La teoría del continuo (River Continuum Concept), basada en cursos de agua de bosques de zonas templadas de Vannote *et al.* 1980, establece relaciones entre el tamaño de los cursos (ordenes), las fuentes de carbono que poseen los cursos, los procesos de degradación de esta materia orgánica y la estructuración de las comunidades por los invertebrados. Propone que los aportes de carbono a los cursos pueden ser predominantemente autóctonos o predominantemente alóctonos, según el orden y el paisaje en cual está inserto el curso. El aporte de carbono puede estar dado por la producción de biomasa de los productores primarios dentro del curso, por ejemplo en las pasturas, ya que los cursos no presentan vegetación adyacente que sombre, permitiendo el desarrollo de perifiton (Hicks 1997). Los aportes alóctonos de carbono abarcan la entrada de materia orgánica en forma de maderas y hojas de la vegetación adyacente al curso, invertebrados terrestres que caen al agua o que provienen de aguas arriba, materia orgánica proveniente del suelo por escorrentía y de aguas subterráneas, entre otros. Esta materia orgánica luego es utilizada por microorganismos heterótrofos y otros consumidores (eg. fragmentadores, colectores). A su vez, se exporta la materia orgánica alóctona o producida en un tramo del curso hacia aguas abajo. En general la producción autóctona domina sobre la alóctona en cursos intermedios de orden cuatro a seis. Esto puede deberse a que en cursos de menor orden la vegetación de las orillas sombrea al curso, limitando la luz disponible para los productores primarios y predominando los aportes alóctonos de carbono. En el caso de los cursos de mayor orden, al ser más profundos y turbios también presentan limitaciones en cuanto a la luz disponible para los productores primarios.

Otro factor importante en los sistemas acuáticos son los nutrientes (Allan & Castillo 2007). Estos pueden afectar la productividad de los ecosistemas cuando otros factores

no sean limitantes. En general los autótrofos están limitados por nitrógeno (en forma de nitrato o amonio), fósforo (fosfato inorgánico) y en el caso de las diatomeas también por sílice. Los nutrientes entran a los sistemas acuáticos en sus formas inorgánicas disueltas desde aguas arriba, agua subterránea o escorrentía superficial, así como desde la atmósfera. Luego son incorporados a la forma orgánica por asimilación y transformación a través de las redes tróficas y vuelven a mineralizar por excreción o descomposición de la materia orgánica. Esta dinámica del ciclado de nutrientes es llamada espiral de nutrientes (Newbold *et al.* 1983), en esta los nutrientes en forma inorgánica son transportados aguas abajo hasta que son asimilados o secuestrados por los sedimentos, lo cual disminuye su transporte hasta que son nuevamente liberados al medio siguiendo su camino aguas abajo, completando así un ciclo completo de la espiral.

Estas dinámicas naturales de los sistemas lóticos son afectadas por las actividades antrópicas a distintas escalas (Allan 2004). A nivel de cuenca posee gran relevancia el uso de suelo, mientras que a nivel local tienen importancia las modificaciones de la zona ribereña o de las propiedades del canal (ej. canalización). Los diferentes usos dados por el hombre al suelo causan erosión (Szilassi *et al.* 2006), aumento de sólidos suspendidos (Butler *et al.* 2008), aumento en la concentración de nutrientes (Chambers *et al.* 2006; García-Esteves *et al.* 2007), y de materia orgánica de los cursos de agua, entre otros. El aporte en exceso de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, a las aguas superficiales tiene diferentes consecuencias negativas en la calidad de agua (Carpenter *et al.* 1998; Dodds & Welch 2000). Puede ocurrir un crecimiento excesivo de algas y macrófitas. El aumento en la biomasa de productores primarios aumenta la materia orgánica disponible para los microorganismos descomponedores, incrementando entonces el consumo de oxígeno del sistema, provocando anoxia. Esto repercute negativamente en la abundancia y diversidad de los organismos acuáticos, llegando a causar la muerte de invertebrados, peces y posiblemente de aves y mamíferos que dependen de estos hábitats. También puede tener consecuencias negativas sobre la salud humana y animales domésticos. Por otro lado el aporte de materia orgánica contribuye al aporte de nutrientes (Bagshaw *et al.* 2007), aumentando también los sólidos suspendidos totales y con esto la turbidez.

Se ha evidenciado que la actividad ganadera está involucrada en el deterioro de la calidad de agua de los cursos (Davies-Colley & Nagels 2004; Butler *et al.* 2008) debido a la deposición de fecas y orina, a su vez el pisoteo aumenta la compactación del suelo y deteriora el hábitat ribereño, destruyendo los canales de los cursos de agua y degradando la vegetación (Savadogo, Sawadogo & Tiveau. 2007). La producción lechera involucra un mayor impacto que la ganadería extensiva debido al aumento de la densidad de ganado (Wilcock *et al.* 1999). En esta actividad es necesario un mayor aporte de nutrientes para mejorar los campos para pastar, lo que incluye uso de fertilizantes y la importación o elaboración de suplementos alimenticios (Basset-Mens, Ledgard & Boyes 2007). Asimismo esta actividad aporta nutrientes provenientes de los residuos del proceso de producción de leche. Según Taverna *et al.* 2004 se aporta alta carga de nutrientes en los residuos de leche como el calostro, la leche de animales tratados químicamente o la leche extraída antes del ordeño para detectar mastitis clínica. Otra fuente de contaminación son los residuos de higiene generados del lavado de pezones, del piso de sala de ordeño y del establo, de la limpieza de la maquinaria de ordeño, del equipo de refrigeración y del agua de lluvia recolectada en los pisos del tambo. Estos últimos contienen, además de fecas, orina y leche, desinfectantes, químicos alcalinos y ácidos (Taverna *et al.* 2004).

Los impactos de las actividades humanas pueden ser amortiguados por la zona ribereña en estado natural o poco modificado (Rowe *et al.* 2002; Quinn, Boothroyd & Smith 2004; Ríos & Bailey 2006). Además de contribuir a mantener la biodiversidad, esta contribuye en diferente medida dependiendo el tipo de vegetación, a estabilizar el canal, interceptar los nutrientes que llegan por escorrentía y aportar diferente cantidad y tipo de materia orgánica. En cambio la pérdida de vegetación por el cambio de uso de suelos aumenta la erosión, el aporte de nutrientes y sedimentos a los cursos de agua (Vought *et al.* 1995; Boothroyd *et al.* 2004). Actualmente se está incluyendo la calidad de la zona ribereña en los análisis de calidad de los sistemas acuáticos (Alba-Tercedor *et al.* 2002, Munné *et al.* 2003, Gonzáles del Tanago *et al.* 2006).

En Uruguay la vegetación arbórea nativa ocupa alrededor del 3% de la superficie del país. Dentro de la flora arbórea nativa existen varios tipos de formaciones boscosas: los *bosques serranos*, los *bosques de quebrada*, los *algarrobales* y *blaqueales*, *bosques pantanosos*, *bosques psamófilos* y los *bosques ribereños* o de galería que se encuentran

al margen de muchos cursos de agua (Chebataroff 1954; Alonso & Bassagoda 1999, Brussa & Grela 2007). Los bosques ribereños constan de un dosel continuo que cubre totalmente el suelo, vegetación de sotobosque, tapiz herbáceo, epífitas, parásitas y trepadoras. Según sus requerimientos hídricos las especies se distribuyen en franjas paralelas al curso de agua. Los bosques ribereños han sufrido una tala intensa, con lo cual se redujo su superficie (Carrere 2001), además de estar amenazados por la invasión de especies exóticas, tanto animales como vegetales (Brugnoli, Masciadri & Muniz 2009).

La visión integral de cuenca, relacionando la calidad de las aguas de los cursos con el uso del suelo de su cuenca y su zona ribereña, permite un mejor entendimiento del impacto de las actividades productivas y el rol de la vegetación ribereña en la calidad de agua de los cursos. Este conocimiento contribuye a elaborar herramientas para mitigar impactos de las actividades humanas y conservar los cursos de agua. Es por esto que este trabajo propone integrar el uso de la cuenca y la calidad de la zona ribereña al estudiar la calidad de agua de cuencas con uso ganadero extensivo o lechero de siete cursos de la cuenca del Río Santa Lucía.

## **2. Antecedentes del Área de Estudio**

Actualmente existen pocos antecedentes sobre la calidad de agua de la cuenca del Río Santa Lucía. Desde hace varios años la División de Evaluación de Calidad Ambiental de DINAMA, conjuntamente con el personal de las Intendencias Municipales de la Cuenca del RSanta Lucía, han recolectado datos de calidad de agua en la cuenca (Proyecto Sobre Control y Gestión de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Santa Lucía Informe de Avance N° 1 Octubre de 2008). En setiembre de 2006 se elaboró un informe basado en un programa de muestreo de calidad de agua desarrollado en colaboración con la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) (llamado “Fortalecimiento de la Gestión de la Calidad del Agua en Montevideo y su Área Metropolitana”) para el período diciembre 2004-abril 2005. El objetivo del programa de monitoreo consistía en proveer datos acerca de la calidad del agua de la cuenca, identificando parámetros específicos para la medición en áreas que requerían especial atención y relacionando los parámetros fisicoquímicos con las fuentes de contaminación. Pero no todos los parámetros elegidos se midieron o se informaron en la base de datos. En julio-agosto de 2008 la División de Evaluación y las Intendencias

junto con el personal del JICA llevaron a cabo muestreos de rutina en sitios previamente seleccionados. No se logró un análisis detallado de los datos de monitoreo de la calidad del agua debido a la poca disponibilidad de datos confiables a pesar de la existencia de un programa de monitoreo desde diciembre de 2004. Existe también un trabajo de Texeira (2007) en el cual se realizó la evaluación del efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y como ésta afecta a los ensambles de peces en la cuenca baja del Río Santa Lucía, encontrando que la calidad del agua estaba relacionada negativamente con el grado de urbanización.

Por último, se realizó la evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitoreo de la cuenca del Río Santa Lucía a través de un convenio entre DINAMA y la Facultad de Ciencias, Sección Limnología, en el cual este trabajo está enmarcado.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Determinar la calidad ambiental, teniendo en cuenta la calidad fisicoquímica del agua y la calidad de la zona ribereña, de siete cursos de agua pertenecientes a la cuenca del Río Santa Lucía en Florida, cuatro de estos cursos pertenecientes a cuencas de uso ganadero extensivo y tres a cuencas de uso lechero.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- a. Comparar la calidad de agua a partir de parámetros fisicoquímicos de los cursos en relación a los dos usos del suelo predominantes.
- b. Determinar la influencia de la zona ribereña en la calidad fisicoquímica del agua.

### **4. Área de Estudio**

En nuestro país la ganadería extensiva es la actividad que ocupa más extensión de tierra según el Censo General Agropecuario (CGA 2000). El número de cabezas de ganado para carne es 10,137,957, siendo la superficie explotada para este fin superior a los 15 millones de ha. Florida, después de Cerro Largo y Tacuarembó, es el departamento con mayor número de cabezas de ganado para carne, ascendiendo su

cantidad a 716,614 cabezas de ganado (CGA 2000). Por otro lado la cantidad de ganado destinado a la lechería en el país es de 751,085, ocupando una superficie mayor a un millón de hectáreas (CGA 2000). A su vez, Florida, junto con San José y Soriano son los departamentos con el mayor número de cabezas de ganado destinadas a la lechería comercial, con 144,482 cabezas de ganado (CGA 2000).

Las cuencas que se estudiaron pertenecen a la cuenca del Río Santa Lucía. Este río nace en el Cerro Pelado de la Sierra Carapé en el departamento de Lavalleja a 250 m de altura. Corre de E a W sirviendo de límite a los departamentos de Florida y Canelones y luego al sur sirviendo de límite entre Canelones y San José, hasta su desembocadura en el Río de la Plata. Su cuenca cubre además de los departamentos nombrados, parte de los departamentos de Flores y Montevideo. Tiene una longitud de 230 km y su cuenca es de aproximadamente 13,310 km<sup>2</sup>, cerca del 7.5% de la superficie del país. Sus principales afluentes son los ríos San José y Santa Lucía Chico. Las estimaciones de las descargas del río en su confluencia con el Río de la Plata son de unos 168 m<sup>3</sup>seg<sup>-1</sup>, con un rango estimativo de 28–305 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. Posee una gran importancia por proveer de agua potable aproximadamente al 60% de la población del país (Achkar *et al.* 2004).

Las cuencas estudiadas se ubican en el departamento de Florida, pertenecen a la zona geológica Terreno Piedra Alta. Esta consiste en gneisses y granitos de las formaciones Arroyo Grande y Paso Severino de 1,800-2,000 MA. Los suelos corresponden a la unidad Isla Mala, conformada por brunsoles generados por sedimentos limo-arcillosos. Los arroyos pertenecientes al uso de ganadería extensiva se desarrollan sobre brunsoles subéutricos y éutricos, mientras que los de uso lechero sobre brunsoles éutricos.

Según la macrozonificación de los ecosistemas terrestres realizada por la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DNRNR 2004), las cuencas estudiadas pertenecen a la unidad Piedra Alta, caracterizada por poseer basamento cristalino superficial; brunsoles e inceptisoles, con vegetación de pradera, montes de parque y ribereños.

Los cursos se eligieron en base a los dos tipos de uso predominante, ganadería extensiva y lechería, (CGA2000) y a la similitud de otros factores como, la geología,

tipo de suelo dominante y el clima, con la finalidad de que éstos no influyeran en las posibles diferencias en la calidad de agua entre los cursos.

Se seleccionaron cuatro arroyos de la cuenca alta del Río Santa Lucía Chico (ANEXO 1) donde predomina el uso ganadero, y tres de la cuenca baja del Río Santa Lucía Chico donde predomina la producción lechera (Tabla 1). Los datos morfológicos de las cuencas y los cursos se encuentran en la Tabla 2. Estos datos fueron extraídos de Arocena *et al.* 2008.

**Tabla 1.** Características de los sitios de Muestreo. A°: Arroyo, Af. Afluente, C°: Cañada, Coordenadas: Yacaré

Estación	Curso de agua	Coordenadas		Uso predominante
O1	A° San Jerónimo	473800	6244700	Ganadería extensiva
O2	A° Sarandí Chico	477050	6247100	Ganadería extensiva
O3	A° Talita	495450	6258700	Ganadería extensiva
O4	Af. Del Tornero Chico	494800	6252600	Ganadería extensiva
Q1	A° La Pedrera	454900	6217100	Ganadería lechera
Q3	A° Sauce de Berdías	450700	6220350	Ganadería lechera
Q5	C° de las Piedras	450700	6208200	Ganadería lechera

**Tabla 2.** Datos morfológicos de las estaciones, extraídos de Arocena *et al.* 2008. Est: estaciones; O: estaciones de cuencas ganaderas extensivas; Q: estaciones de cuencas ganaderas lecheras; Perím: perímetro; Or: orden del curso; L: largo; máx: máximo; cca: cuenca; nac: nacimiento; des: desembocadura; Sinuos: sinuosidad; Pend: pendiente.

Est	Área (Km <sup>2</sup> )	Perím (Km)	Or	Lmax cca (Km)	Lmax cca a des (Km)	Lcurso (Km)	Lnac-des (Km)	Sinuos.	Pend (%)
O1	117.31	55.2	4	21.17	21.00	27.62	20.85	1.32	0.29
O2	100.45	48.5	4	18.86	18.86	23.84	18.52	1.29	0.38
O3	33.34	26.6	4	8.35	7.63	9.30	6.76	1.38	0.65
O4	6.36	10.2	3	3.75	2.78	2.84	2.37	1.20	1.94
Q1	34.79	30.4	4	9.36	9.36	12.70	9.00	1.41	0.55
Q3	18.38	24.7	3	8.07	4.41	9.55	6.91	1.38	0.52
Q5	30.48	31.4	3	10.89	10.60	13.46	10.59	1.27	0.45

## 5. Materiales y Métodos

### 5.1 Parámetros Físicoquímicos

Los datos de las precipitaciones se obtuvieron de la Dirección Nacional de Meteorología. Pertenecen a la estación 2588 de Casupá del período desde el 1/01/2006 hasta el 30/11/2007.

Se realizaron cuatro muestreos estacionales. Las medidas *in situ* y muestras de agua se tomaron a partir de 50 m aguas arriba del puente de cada arroyo o cañada (punto de inicio) y luego a 25 m y a 50 m aguas arriba ese punto de inicio.

Las medidas de temperatura, oxígeno disuelto, pH, y conductividad fueron realizadas *in situ*. Estos parámetros se midieron con sensores de campo Horiba.

Las tres muestras de agua se integraron en un bidón de 2 L, fueron refrigeradas a 4 °C y llevadas al laboratorio antes de 8 horas para su posterior análisis (Tabla 3).

**Tabla 3.** Tabla de métodos utilizados en el Laboratorio

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Alcalinidad Total	Wattenberg	APHA, 1995
Sólidos Suspendidos Totales	Diferencia de peso	APHA, 1995
Materia Orgánica en Suspensión	Diferencia de peso	APHA, 1995
Nitrógeno Total y Fósforo Total	Digestión y determinación de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Valderrama, 1981
Nitrato	Salicilato de Sodio	Müller & Weideman, 1955
Amonio	Azul de Indofenol	Koroleff, 1970
Fósforo Reactivo Soluble	Azul de Molibdeno	Murphy & Riley, 1962

Al llegar al laboratorio se determinó la alcalinidad total. Se filtraron las muestras para la determinación de sólidos suspendidos totales (SST), y materia orgánica en suspensión (MOS) y el resto se congeló en forma de agua filtrada y sin filtrar, para su conservación hasta el análisis. Se analizó fósforo reactivo soluble (PRS), nitrógeno disuelto en forma de nitrato y amonio de las muestras filtradas y fósforo y nitrógeno total de las no filtradas.

Los SST y la MOS se determinaron por diferencia de peso (APHA 1995), se filtró un volumen conocido de agua (v) en ml por filtro GF/F Wattman. Los filtros fueron previamente quemados a 500°C y pesados (f) en gramos para utilizarlos en la medición de SST y materia orgánica en suspensión.

Luego del filtrado los filtros se secaron en estufa a 110 °C durante 24 h y luego pesados (r) en gramos. Posteriormente se quemaron los filtros a 450 °C durante 15 min en una mufla y fueron pesados nuevamente (q) en gramos. Las siguientes ecuaciones se utilizaron para calcular SST (mg l<sup>-1</sup>) y MOS (mg l<sup>-1</sup>):

$$SST = 10^6(r-f)/v$$

$$MOS = 10^6(r-q)/v$$

El nitrógeno total (NT) y en fósforo total (PT) se determinó por digestión y luego determinación de NO<sub>3</sub><sup>-2</sup> y PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> según el método de Valderrama (1981). El nitrato se analizó por el método del Salicilato de Sodio (Müller & Weideman 1955) y el amonio por el método de azul de indofenol (Koroleff 1970). El contenido de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) se obtuvo mediante la suma del nitrato y amonio, mientras

que el nitrógeno orgánico disuelto (NOD) se obtuvo restando el NID al NT (Arocena & Conde 1999).

El PRS se midió en las muestras de agua filtradas ya descongeladas mediante el método de azul de molibdeno (Murphy & Riley, 1962) en presencia de ácido ascórbico como catalizador.

## 5.2 Zona Ribereña

Se realizó una descripción paisajística de un área de 50m x 50m adyacente a las orillas, a cada lado del curso.

Para establecer la calidad de la zona ribereña se utilizó el índice QBR (del catalán “Qualitat del Bosc de Ribera”) (Munné *et al.* 2003) (ANEXO 3). Este índice establece intervalos o clases de características de la zona ribereña. Estas clases son asignadas con evaluaciones visuales. Las características que toma en cuenta son porcentaje, estructura y calidad de la cobertura (especies arbóreas nativas o exóticas) de la vegetación, conectividad de la zona ribereña con el ecosistema adyacente (presencia de rutas, cambio drástico en el paisaje), la alteración del canal, pendiente y forma de las orillas del canal, presencia de islas dentro del curso, sustrato de la orilla y tipos geomorfológicos definidos por los autores. El puntaje final clasifica la calidad de la zona ribereña en una de cinco clases (Tabla 4).

**Tabla 4.** Clasificación de hábitat ribereño según puntaje del QBR.  
Adaptada de Munné et al., 2002

Clase de hábitat ribereño	Puntaje QBR	Categoría
Hábitat ribereño en condiciones naturales	$\geq 95$	5
Algún Disturbio, buena calidad	75-90	4
Disturbio importante, suficiente calidad	55-70	3
Fuerte alteración, calidad pobre	30-50	2
Degradación extrema, calidad mala	$\leq 25$	1

## 5.3 Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa *Statistica 6.1*. Se evaluó la existencia de diferencias significativas de la calidad fisicoquímica del agua entre usos mediante el test de Mann Whitney (U-test). Se buscaron correlaciones entre los parámetros medidos en cada uso a través de la correlación no paramétrica de Spearman.

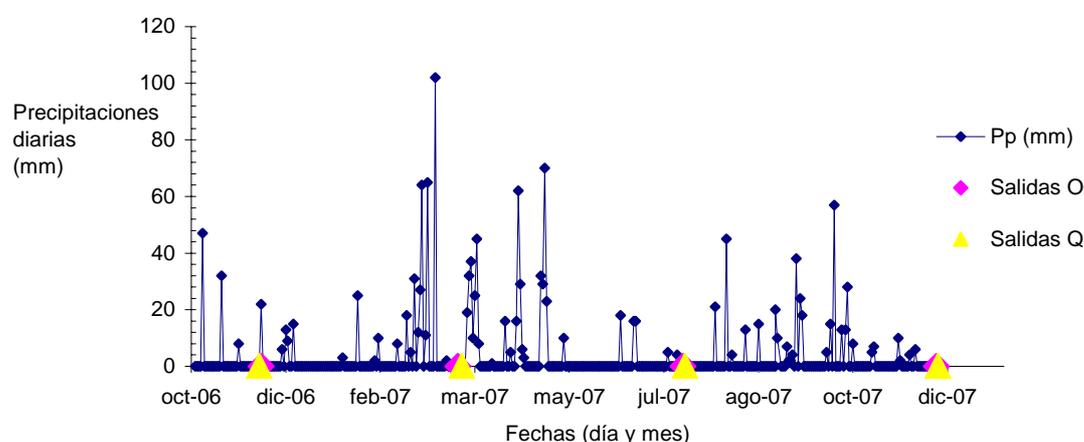
Se realizó un análisis exploratorio de los datos mediante el análisis de los componentes principales (ACP) para determinar la importancia de los parámetros fisicoquímicos y la contribución de los tramos de arroyo a los nuevos factores a partir

de los promedios de los porcentajes de saturación de oxígeno disuelto, MO%, Alc,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , N-Org y Pt de cada estación. No se utilizaron el resto de las variables porque se consideraron redundantes debido a la fuerte relación con las anteriores, por ejemplo el Pt y el PRS. Como variables suplementarias se utilizaron los valores del índice de QBR, los valores de conectividad de la zona ribereña con el paisaje adyacente y el estado del canal del QBR, también se utilizaron los valores del orden y la pendiente.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Parámetros fisicoquímicos

Las precipitaciones durante el año de estudio para las estaciones de las cuencas predominantemente ganaderas extensivas (O) y ganaderas lecheras (Q) estuvieron alejadas en el tiempo de las salidas, ya que a pesar de que la primer salida de las estaciones O se realizó el mismo día en que llovió, el muestreo fue previo a la lluvia (Fig.1).



**Fig. 1.** Precipitaciones diarias durante los meses en que se realizaron las salidas. Los rombos y triángulos indican los días de las salidas a las estaciones O (cuencas ganaderas extensivas) y Q (cuencas ganaderas lecheras) respectivamente.

Tanto para los cursos pertenecientes a cuencas ganaderas extensivas como para los de cuencas lecheras las menores temperaturas y mayores concentraciones de oxígeno se registraron en invierno (Tabla 5). El porcentaje de saturación de oxígeno siempre fue mayor al 50% exceptuando en la estación O1 en verano y el pH se mantuvo en el rango

de 7.3 a 8.8 (O1 en verano y O4 en otoño, respectivamente) (ANEXO 2). Dentro de los cursos pertenecientes a las cuencas de uso predominantemente ganadero extensivo (O) la estación O2 se destacó por presentar la mayor concentración de SST y MOS, en la mayoría de los muestreos (Tabla 6; ANEXO 2). En la estación O1 se registraron los mayores valores para N-Org y NT. En general, en la estación O4 se registraron los menores valores para N-Org, NT, PRS y Pt (Tabla 7; ANEXO 2). Entre las estaciones ganaderas lecheras (Q) Q5 fue la estación que presentó los menores valores de porcentaje de saturación de oxígeno y los mayores valores de conductividad (ANEXO 2). Los mayores valores de  $\text{NO}_3^-$  y NID fueron encontrados en la estación Q1 (ANEXO 2). En general, en la estación Q5 se registraron los valores más altos para PRS y Pt.

### **Correlaciones**

Dentro de los cursos pertenecientes a las cuencas de uso predominantemente ganadero extensivo el porcentaje de saturación de oxígeno se correlacionó negativamente con el PRS ( $r=-0.52$ ,  $p<0.05$ ) y con el Pt ( $r=-0.58$ ,  $p<0.05$ ). La conductividad presentó una correlación positiva con la alcalinidad ( $r=0.87$ ,  $p<0.05$ ). La MOS presentó una correlación positiva con los SST ( $r = 0.65$ ,  $p<0.05$ ) y negativa con el PRS ( $r = -0.52$ ,  $p<0.05$ ). Dentro de los cursos de cuencas predominantemente lecheras el OD se correlacionó negativamente con el PRS ( $r= -0.87$ ,  $p<0.05$ ) y el fósforo total ( $r=-0.82$ ,  $p<0.05$ ). El porcentaje de saturación de oxígeno se correlacionó negativamente con el PRS ( $r= 0.64$ ,  $p<0.05$ ) y el NT ( $r = -0.59$ ,  $p<0.05$ ). Al igual que en los cursos de cuencas predominantemente ganaderas extensivas, la conductividad se correlacionó positivamente con la alcalinidad. Los SST se correlacionaron negativamente con el  $\text{NO}_3^-$  ( $r= -0.68$ ,  $p<0.05$ ) y con el NID ( $r= -0.76$ ,  $p<0.05$ ). Se registró una correlación positiva entre el  $\text{NH}_4^+$  y MO% ( $r= 0.06$ ,  $p<0.05$ ).

**Tabla 5.** Promedios, con sus desvíos estándar y rangos de los parámetros registrados *in situ* por uso de la cuenca en cada muestreo. GE: uso ganadero extensivo (estaciones O); GL: uso ganadero lechero (estaciones Q); Prom :promedio; (D.est) : desvío estándar entre paréntesis; Mín: valor mínimo registrado; Máx: valor máximo registrado.

Estación		Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
Uso	Parámetro	GE	GL	GE	GL	GE	GL	GE	GL
Temperatura (°C)	Prom (D.est)	26.2 (±0.8)	23.9 (±1.1)	23.0 (±1.9)	25.8 (±1.6)	8.8 (±0.6)	8.8 (±1.0)	25.9 (±1.5)	24.3 (±2.0)
	Mín	25.2	23.2	20.8	24.3	8.2	7.7	24.6	22.7
	Rango Máx	27.1	25.2	25.4	27.4	9.6	9.7	27.9	26.5
OD (ppm)	Prom (D.est)	6.0 (±2.1)	7.0 (±3.0)	6.0 (±1.2)	7.0 (±1.9)	11.4 (±0.3)	11.0 (±0.9)	7.3 (±1.4)	9.8 (±3.3)
	Mín	3.7	5.1	4.4	5.1	11.0	10.0	5.2	6.4
	Rango Máx	8.4	10.4	6.9	8.8	11.8	11.6	8.3	12.9
Porcentaje de saturación de oxígeno (%)	Prom (D.est)	74.7 (±25.4)	83.6 (±37.7)	69.3 (±11.8)	86.3 (±25.7)	98.2 (±4.2)	95.3 (±9.8)	89.8 (±16.2)	117.0 (±39.9)
	Máx	102.95	127.15	79.97	111.88	103.35	102.13	102.86	152.57
	Rango Mín	46.44	59.73	53.11	60.57	94.19	84.04	66.28	73.82
pH	Prom (D.est)	7.5 (±0.2)	8.0 (±0.2)	8.5 (±0.3)	8.0 (±0.1)	7.9 (±0.1)	8.0 (±0.1)	7.5 (±0.3)	8.1 (±0.2)
	Mín	7.3	7.8	8.3	8.0	7.7	7.9	7.1	8.0
	Rango Máx	7.6	8.2	8.8	8.1	8.0	8.1	7.8	8.3
Conductividad (uS cm <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	300.6 (±64.8)	622.5 (±280.1)	246.4 (±33.4)	603.8 (±227.8)	450.8 (±103.4)	771.1 (±140.7)	465.0 (±50.3)	743.4 (±188.8)
	Mín	232.0	436.5	214.3	459.3	330.0	683.3	433.3	609.3
	Rango Máx	379.0	944.7	293.3	866.3	576.7	933.3	540.0	959.3

**Tabla 6.** Valores promedios, desvíos estándar y rangos de alcalinidad, SST y MOS de cada uso de las cuencas en cada muestreo. GE: uso ganadero extensivo (estaciones O); GL: uso ganadero lechero (estaciones Q); Prom: promedio; D.est desvío estándar; Mín: valor mínimo registrado; Máx: valor máximo registrado.

Estación	Uso	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		GE	GL	GE	GL	GE	GL	GE	GL
Parámetro									
Alcalinidad (mgCaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	Prom	190.6	354.2	149.8	191.2	213.7	347.9	235.0	
	(D. est)	(±44.8)	(±206.0)	(±27.3)	(±42.0)	(±65.0)	(±44.1)	(±30.7)	371.8 (±92.2)
	Mín	144.1	181.1	120.6	145.1	142.7	314.0	207.0	308.5
	Máx	249.0	582.1	186.5	227.3	294.5	397.8	278.6	477.6
SST (mg l <sup>-1</sup> )	Prom	6.3	10.8	10.5	7.0	5.1	13.1	15.5	6.3
	(D. est)	(±2.7)	(±6.0)	(±11.9)	(±1.0)	(5.2)	(±4.6)	(±18.2)	(4.5)
	Mín	3.7	6.9	4.0	6.0	0.0	8.0	4.4	1.6
	Máx	10.0	17.7	28.3	8.0	10.5	16.8	42.4	10.6
MOS (mg l <sup>-1</sup> )	Prom	3.0	4.9	3.2	3.5	2.8	6.1	4.8	3.8
	(D. est)	(±0.3)	(±3.9)	(±1.0)	(±2.7)	(±3.1)	(±4.4)	(±4.8)	(±0.9)
	Mín	2.8	1.7	2.0	1.5	0.0	3.2	1.8	3.1
	Máx	3.5	9.2	4.4	6.5	7.0	11.2	11.8	4.7
MO (%)	Prom	55.1	42.7	51.9	47.3	42.2	48.8	40.2	126.5
	(D. est)	(±21.6)	(±18.5)	(±29.4)	(±29.9)	(±31.8)	(±29.1)	(±19.0)	(±150.6)
	Mín	30.0	21.4	15.7	25.0	0.0	19.1	25.0	29.4
	Máx	80.0	54.6	87.5	81.3	66.7	77.3	66.7	300.0

**Tabla 7.** Valores promedios, mínimos y máximos para NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NID, N-Org, NT, PRS y fósforo total de cada uso de las cuencas en cada muestreo. GE: uso Ganadero Extensivo (estaciones O); GL: uso Ganadero Lechero (estaciones Q); Prom: promedio, (D.est): desvío estándar; Mín: valor mínimo registrado; Máx: valor máximo registrado.

Estación	Uso	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		GE	GL	GE	GL	GE	GL	GE	GL
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg l <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	91.8(±80.5)	509.9(±745.1)	179.1(±114.0)	571.5(±689.2)	112.8(±40.6)	71.1(±32.9)	79.0(±61.3)	171.6(±159.0)
	Mín	7.9	34.9	37.4	148.7	60.4	36.2	28.7	69.4
	Rango Máx	177.0	1368.7	282.0	1366.8	158.9	101.5	167.1	354.8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg l <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	21.0(±17.3)	32.1(±48.4)	23.7(±16.2)	23.1(±4.7)	8.5(±5.4)	13.8(±14.3)	7.6(±2.3)	14.8(±6.5)
	Mín	0	0	9.8	17.8	0.7	5	5	10.9
	Rango Máx	42.0	87.8	40.7	26.8	13.0	30.4	9.7	22.4
NID (µg l <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	112.8(±96.4)	542.0(±721.0)	202.7(±119.3)	594.6(±684.6)	121.3(±44.7)	84.9(±36.9)	86.6(±61.1)	186.4(±156.5)
	Máx	219.0	1368.7	300.7	1384.6	169.0	106.4	173.5	366.1
	Rango Mín	7.9	43.5	47.2	175.5	61.1	42.4	33.7	80.3
N-Org (µg l <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	1039.1(±531.4)	2809.8(±2145.5)	513.9(±233.8)	1102.3(±73.5)	2983.3(±1130.0)	5439.4(±6111.7)	5630.7(±1823.8)	9198.0(±3888.1)
	Máx	1692.0	5201.0	852.4	1153.9	4282.8	12429.2	7980.8	13663.7
	Rango Mín	573.6	1053.2	320.9	1018.2	1633.5	1101.5	4114.6	6564.3
NT (µg l <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	1151.9(±590.8)	3351.8(±2165.5)	716.6(±301.9)	1696.8(±611.5)	3104.6(±1109.5)	5524.4(±6134.6)	5717.3(±1784.2)	9384.4(±3812.5)
	Máx	1911	5414.8	1144.2	2402.7	4343.8	12535.6	8038.8	13776.6
	Rango Mín	581.5	1096.7	492	1329.4	1764.3	1143.8	4288.1	6930.3
PRS (µg l <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	44.8(±49.7)	422.1(±190.2)	28.7(±39.7)	362.8(±91.3)	18.9(±22.4)	59.7(±88.5)	29.3(±6.4)	183.1(±83.2)
	Máx	90.1	579.1	85.2	456.2	51.3	161.4	36.6	279.2
	Rango Mín	0	210.5	0	273.8	0.1	0.7	21.2	134.6
Fósforo total (µg l <sup>-1</sup> )	Prom (D.est)	90.8(±80.1)	697.6(±248.8)	74.6(±52.1)	489.7(±116.6)	39.8(±19.8)	97.0(±115.1)	20.2(±9.3)	236.9(±191.9)
	Máx	177.4	932.9	138.2	604.7	65.6	228.3	29.5	458.4
	Rango Mín	6	437.2	26.5	371.6	21.1	13.5	7.3	120.6

## Diferencias entre usos

Existieron diferencias significativas entre usos para la conductividad ( $U = 12.00$ ,  $p < 0.05$ ), alcalinidad ( $U = 34.00$ ,  $p < 0.05$ ), PRS y Pt ( $U = 22.00$  y  $U = 25.00$  respectivamente,  $p < 0.05$ ) siendo estos valores mayores en los cursos de cuencas de uso lechero.

## 6.2. Zona Ribereña

La cobertura vegetal de las estaciones O1, O2 y O3, pertenecientes a cuencas de uso ganadero extensivo, fue de monte nativo y pradera natural pastoreada (Fig. 2) en diferentes proporciones, siendo O1 y O2 las estaciones con mayor proporción de monte (Tabla 8). La estación O4 estuvo conformada por pasturas y rocosidad. Todas las estaciones pertenecientes a cuencas lecheras presentaron pradera natural pastoreada y ninguna presentó monte nativo (Tabla 8). La estación Q1 fue la única de ambos usos que presentó parches de rocosidad fuera del área adyacente a las orillas, y Q3 fue la única estación que presentó cultivos en los 50m adyacentes a las orillas.

**Tabla 8.** Porcentaje aproximado de cada tipo de cobertura o uso en cada orilla de las estaciones. En muchos casos el porcentaje es mayor que 100% debido a que se superponen las coberturas. O: estaciones de uso ganadero extensivo; Q: estaciones de uso ganadero lechero; D: orilla derecha; I: orilla izquierda.

Estación	Orilla	Tipo de cobertura o uso (%)				
		Monte	Pradera	Arbustos	Rocosidad	Agricultura
O1	D	<10	>90			
	I	100				
O2	D	20-50	50-70	50-70		
	I	80		20		
O3	D	10-20		80		
	I		100			
O4	D		100			
	I		100			
Q1	D		80	80	20	
	I		80	80	20	
Q3	D		20	20		80
Q5	I		100			
	D		100			
	I		100			



**Fig. 2.** Imágenes de las zonas adyacentes a los cursos. Las primeras dos imágenes pertenecen a cursos de cuencas ganaderas extensivas se observa la vegetación arbórea nativa de un lado de la orilla en la estación O1 (a) y la ausencia de monte en la estación O4 (b). Las restantes figuras muestran dos cursos de cuencas ganaderas lecheras. Se observa la rocosidad de Q1 (c) y las praderas de Q5 (d).

La presencia de árboles nativos en las zonas ribereñas se registró en todas las estaciones ganaderas extensivas a excepción de la estación O4. En algunas estaciones la presencia de árboles nativos fue únicamente de ejemplares aislados. Por otro lado no se registró presencia de árboles exóticos en el área de 50 m x 50 m de ninguna estación.

Los márgenes de todas las estaciones pertenecientes a cuencas de uso predominantemente ganadero extensivo estaban en contacto con macrófitas, vegetación herbácea, elementos leñosos, rocosidad o suelo desnudo. Por otro lado las cuencas ganaderas lecheras no presentaron ni macrófitas ni elementos leñosos en sus márgenes (Tabla 9).

**Tabla 9.** Descripción de los márgenes de cada curso. La “x” indica que presentaba ese elemento. O: estaciones de uso ganadero extensivo; Q: estaciones de uso ganadero lechero.

Estación	Elementos en contacto con el agua				
	Macrófitas	Vegetación herbácea	Elementos leñosos	Rociedad	Suelo desnudo
O1	x	x	x	x	
O2	x	x	x	x	x
O3		x			x
O4	x	x	x	x	
Q1				x	x
Q3		x		x	x
Q5		x		x	x

Los márgenes de las estaciones de los dos tipos de uso presentaron erosión, poca sinuosidad (a excepción de O2 que era irregular) y no presentaron canalización. El porcentaje de sombra del monte sobre el curso fue mayor en las estaciones con mayor porcentaje de monte. Dentro de las estaciones de cursos pertenecientes a cuencas de uso predominantemente ganadero extensivo la estación O1 fue al que presentó un mayor porcentaje de sombra, mientras que O4 presentó los menores porcentajes de sombra. Las estaciones Q no presentaban monte que generara sombra (Tabla 10).

**Tabla 10.** Categorías de porcentajes de sombra sobre cada orilla en cada estación. O: estaciones de uso ganadero extensivo; Q: estaciones de uso ganadero lechero; D: orilla derecha; I: orilla izquierda.

Estación	Orilla	Porcentaje de sombra				
		0%	<25%	25-50%	50-75%	75-100%
O1	D				x	
	I				x	
O2	D	x				
	I				x	
O3	D		x			
	I		x			
O4	D	x				
	I		x			
Q1	D	x				
	I	x				
Q3	D	x				
	I	x				
Q5	D	x				
	I	x				

El índice QBR fue mayor para las estaciones O que para las Q, a excepción de la estación O4 (Tabla 11). (Los detalles de la planilla de evaluación se presentan en el ANEXO 4).

**Tabla 11.** Valor del índice de QBR obtenido para cada estación, siendo 5 el que representa la mejor calidad y 1 la menor.

Estación	Valor de QBR
O1	5
O2	4
O3	4
O4	2
Q1	3
Q3	2
Q5	3

### 6.3. Relación entre las variables fisicoquímicas y su asociación con la zona ribereña

Los dos primeros factores del Análisis de los Componentes Principales (ACP) alcanzan a explicar el 80.40% de la varianza total. La variable que se correlacionó en mayor medida con el primer factor fue la Alc, luego el Pt y el  $\text{NH}_4^+$ . A excepción del porcentaje de saturación de oxígeno, todas las variables se correlacionaron negativamente con este factor (Tabla 12, Fig.3). Las variables que se correlacionaron en mayor medida con el factor 2 fueron el  $\text{NO}_3^{-2}$  y el porcentaje de saturación de oxígeno. A excepción del MO% y el  $\text{NH}_4^+$  el resto de las variables no suplementarias presentaron una correlación positiva con este factor (Tabla 12).

La ubicación de las diferentes estaciones respecto a los dos primeros componentes principales mostró un agrupamiento positivo de las estaciones O con respecto al factor 1 y negativo con respecto al 2, aunque la correlación negativa de O4 con el factor 2 no fue tan importante como en las otras estaciones O (Tabla 13, Fig.4).

**Tabla 12.** Correlaciones entre los factores y las variables del ACP. Porc.MO: Porcentaje de materia orgánica; N-Org: Nitrógeno orgánica, Porc.Sat. Oxígeno: Porcentaje de saturación de oxígeno; QBR: Índice de calidad de la zona ribereña.

Variable	Factor 1	Factor 2
Alc	-0.963308	0.037569
MO%	-0.394149	-0,371496
NO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	-0,117165	0.904039
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,780176	-0.516738
N-Org	-0,774538	0.598975
Ft	-0,908899	0.372498
Porc. Sat. Oxíg.	0,332369	0.609986
QBR*	0.042940	-0.242823
Conectividad*	0.125113	-0.319240
Estado del canal*	0.885088	0.389719
Orden*	0.490806	0.166009
Pendiente *	0.872556	-0.105018

(\*) Variables suplementarias

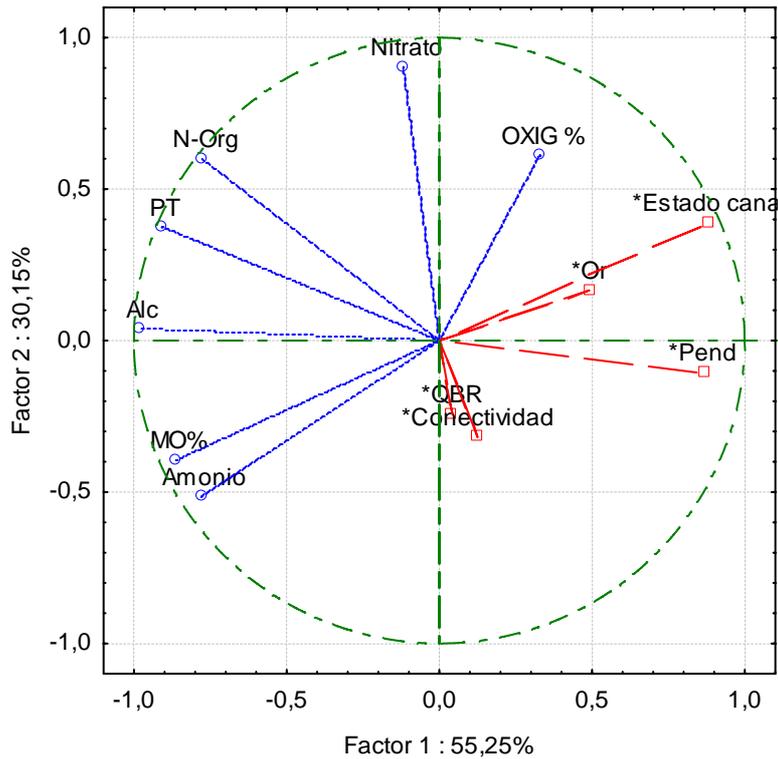
**Tabla 13.** Correlaciones de las estaciones con cada factor. O: estaciones de cuencas de uso predominantemente ganderas extensivas; Q: estaciones de cuencas predominantemente lecheras

Estación	Factor 1	Factor2
O1	0,55415	-0,919119
O2	0,96281	-0,849513
O3	1,24412	-0,589775
O4	1,67418	-0,263944
Q1	-0,44677	3,108009
Q3	0,18141	0,428908
Q5	-4,16990	-0,914567

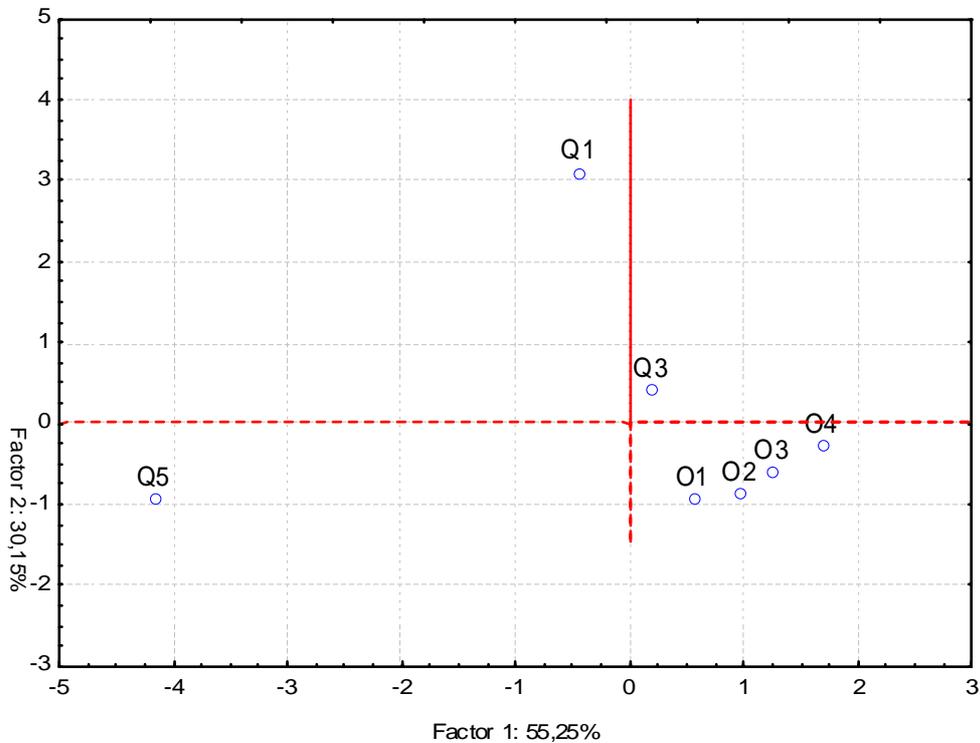
Las estaciones Q no presentaron un patrón de agrupación definido con respecto a los factores. Según la agrupación de las estaciones con respecto al factor 1, las estaciones que pertenecen a tramos de cursos de cuencas de uso predominantemente ganadero extensivo (O) son las que presentan los menores valores de Alc, MO%, Pt y nitrógeno en las tres formas, mientras que Q5, seguida de Q1, se destacan por altos valores de estos parámetros.

Según la agrupación de las estaciones con respecto al factor 2, las estaciones O presentaron los menores valores de nitrato, porcentaje de saturación de OD y N-Org, mientras que las estaciones Q1 y Q3 se caracterizaron por los mayores valores.

Cuanto mayores son los valores de las variables suplementarias menores son los valores de los nutrientes y la Alc (Fig.3). En particular el QBR, la conectividad y la pendiente se asocian a los menores valores de Alc, N-Org, NO<sub>3</sub><sup>-2</sup> y Pt. El estado del canal y el orden se asociaron a los mayores porcentajes de saturación de oxígeno y los menores valores de MO% y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.



**Fig. 3.** Correlación de los diferentes parámetros fisicoquímicos con respecto al factor 1 y 2. Variables principales “o” de color azul, variables suplementarias “□” de color rojo. El porcentaje al lado de cada factor indica cuanta variación explican. Porcentaje de Saturación de Oxígeno. Pend: Pendiente. Or:Orden.



**Fig. 4.** Posición de las estaciones de cada uso con respecto al factor 1 y factor 2 del ACP. El porcentaje al lado de cada factor indica cuanta variación explican.

## 7. Discusión

### 7.1. Parámetros fisicoquímicos

La alcalinidad estuvo correlacionada positivamente con la conductividad para ambos tipos de estaciones, probablemente debido a que los aniones que contribuyen a la conductividad serían también los que contribuyen al poder buffer. En general los cationes y aniones dominantes en sistemas de agua dulce de pH entre 6-8.5, como en nuestro caso, son el calcio y el bicarbonato, respectivamente, siendo en el bicarbonato el responsable de la alcalinidad (Kalff 2003, Lampert & Sommer 2007).

En ambos usos existió una correlación negativa entre el oxígeno disuelto o el porcentaje de saturación de oxígeno y el fósforo (como PRS o fósforo total), y para los cursos de cuencas lecheras también para el NT. Esto indica que los aportes de nutrientes estarían aumentando los procesos de consumo de oxígeno, característico de los procesos de eutrofización. Esto puede darse, por ejemplo, por estimulación del metabolismo de organismos heterótrofos, o aumento en la producción primaria (biomasa de perifiton, fitoplancton y macrófitas), lo que con lleva a un aumento de la materia orgánica a degradar. También puede ser provocado por el aumento en la biomasa de las macrófitas que reduce la velocidad de la corriente, disminuyendo así la oxigenación de los cursos (Carpenter *et al.* 1998, Wilcock *et al.* 1999). Esta disminución de la concentración de oxígeno en relación al aumento de nutrientes posee mayor relevancia en las cuencas lecheras ya que fue en estas donde la correlación fue mayor. Por otro lado, en los cursos de cuencas predominantemente ganaderas extensivas la correlación solo fue significativa entre el porcentaje de saturación de oxígeno y el fósforo en forma de PRS y fósforo total. Esta diferencia en la calidad fisicoquímica del agua fue apoyada con las diferencias entre usos encontradas con el test U de Mann-Whitney para alcalinidad, fósforo reactivo soluble, fósforo total y conductividad, siendo todas las variables mayores en las estaciones pertenecientes a tramos de cursos de cuencas de uso lechero.

Comparando los parámetros de oxígeno disuelto, pH, nitrato y fósforo total de ambos usos con los valores límite del decreto 253/79 del código de aguas todas las estaciones están dentro de los rangos permitidos para las aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (clase 1) para la mayoría de estos parámetros. Esto no se cumple para los valores de fósforo

total ya que supera los rangos de la clase 1, a excepción de las estaciones O1, O2 y O4 en primavera, y la O4 en verano e invierno (ANEXO 2).

Según los resultados del ACP se evidenciaron dos procesos que estarían actuando: *aportes de materia orgánica*, relacionados al factor 1, y *aportes de nitrato*, vinculados al factor 2. Las estaciones de las cuencas predominantemente ganaderas extensivas estudiadas se relacionaron negativamente con ambos procesos. A pesar de que las estaciones de cuencas predominantemente ganaderas extensivas estuvieron involucradas en procesos de disminución de porcentaje de saturación oxígeno al aumentar el fósforo, como vimos anteriormente, el ACP muestra que producirían un menor impacto en la calidad de agua con respecto a las estaciones de cuencas predominantemente lecheras, siendo la estación O4 la que presentó mejor calidad fisicoquímica del agua. Por otro lado, no existió un patrón definido de agrupación de las estaciones pertenecientes a cuencas de uso predominantemente lechero, aunque si se relacionaron positivamente a los dos procesos de contaminación. Esta falta de una agrupación de las estaciones de cuencas lecheras podría ser debido a que la lechería tiene diferentes formas de manejo y las diferencias entre una y otra forma pueden resultar en impactos diferentes en el ecosistema por ejemplo, el número de cabezas de ganado, el área e intensidad de cultivo para forraje, el tratamiento de efluentes (Koelsch & Lesoing 1999), mientras que la ganadería extensiva está más estandarizada, por lo que no se evidencian diferencias en el impacto que tienen sobre el ambiente.

El proceso de contaminación orgánica está asociado a las estaciones de uso lechero, principalmente a la estación Q5. Esto coincide con trabajos que registraron que el aumento en la intensidad de ganado conlleva a una mayor concentración de nitrógeno y fósforo debido al aumento de materia fecal y orina depositada directamente en el curso (Carpenter *et al.* 1998, Davies-Colley & Nagels 2004, Vidon *et al.* 2008), o a la materia fecal y orina que proviene, junto con restos de leche, de las instalaciones lecheras mezclada con las aguas de la limpieza de la sala de ordeño y del corral, o la proveniente del lavado de los pezones (Taverna *et al.* 2004, Vidon *et al.* 2008), además del aumento de nutrientes por los productos de su biodegradación. A su vez otras fuentes posibles de nitrógeno y fósforo provienen de las áreas utilizadas para cultivos de forrajeo (Basset-Mens, Ledgard. & Boyes 2007) y de los fertilizantes utilizados en las pasturas (Hatano *et al.* 2005). El aumento de materia orgánica y nutrientes, puede impactar en la biota del

lugar (Miltner & Rankin 1998), en los animales domésticos o en la salud humana y aumentar las concentraciones de los mismos aguas abajo (Dodds & Welch 2000), en este caso el Río Santa Lucía.

Por otro lado el aumento de nitrato se correlaciona positivamente con el segundo factor del ACP, mostrándose como un proceso relativamente independiente del anterior. Este proceso fue más marcado en la estación lechera Q1. A pesar de ser la estación que presentó los valores más altos de nitrato, nunca superó la concentración los 10 mg l<sup>-1</sup> estipulados como límite en el decreto 253/79, si pasara este límite sería tóxico para la salud humana (Carpenter *et al.* 1998). En particular, algunos trabajos han identificado a la ganadería como fuente de nitrato (Alfaro *et al.* 2005), principalmente la ganadería lechera, por aportes de orina, fertilizantes o por falta de atenuación del nitrato por parte de la zona ribereña (Wilcock *et al.* 1999, Allan 2007). Los aportes de nitratos son una causa importante del deterioro de la calidad de agua debido a que impactan directamente en la salud humana, relacionándose con la enfermedad azul de los niños (metahemoglobemia), y afectando también otros mamíferos, como el ganado (Carpenter *et al.* 1998, Dodds & Welch 2000).

Continuando con el ACP, los cursos de mayor pendiente y con mejor estado del canal estarían vinculados a una menor contaminación orgánica. Por un lado una mayor pendiente, involucraría mayor velocidad del agua y esto un menor tiempo de retención de nutrientes en el lugar (Kalf 2003). El mejor estado del canal podría asociarse a un menor pasaje de ganado, lo que conlleva una menor contaminación directa del curso por fecas u orina (Davies-Colley & Nagels. 2004). Por otro lado, el orden no se asoció a ninguno de los procesos de contaminación probablemente porque todos los cursos pertenecían a ordenes similares (ordenes 3 y 4).

## **7.2. Relación entre los parámetros fisicoquímicos y la zona ribereña**

El ACP muestra que la conectividad de la zona ribereña con la zona adyacente a esta y el mejor QBR están asociados debilmente a esta mejor calidad de agua con respecto a la disminución de nitrato, nitrógeno orgánico y del porcentaje de saturación oxígeno. Esto último quizás debido a que los cursos de mayor QBR presentan mayor sombra, lo que reduce la disponibilidad de luz y por lo tanto la fotosíntesis (Davies-Colley & Quinn. 1998) y así el oxígeno producido. Por otro lado, al contrario de lo que se

encontró en la bibliografía (Vought *et al.* 1995; Cey *et al.* 1999, Boothroyd *et al.* 2004), las estaciones con peor calidad de la zona ribereña (menor valor de QBR) de cada uso fueron en general las que se relacionaron en menor medida con los procesos de contaminación orgánica o de nitrato (O4 y Q3). Esto estaría manifestando que la zona ribereña no estaría influyendo de manera sustancial en la calidad fisicoquímica del agua dentro de cada uso. Por otra parte, Cooper & Thomsen (1988) compararon dos tipos de vegetación ribereña, monte nativo y pasturas en Nueva Zelanda y registraron mayor concentración de nitrógeno y fósforo en las pasturas. Probablemente el presente trabajo no concuerda con los resultados citados debido a que fueron pocas las estaciones que representaron las diferentes calidades de la zona ribereña dentro de cada uso, lo que no permitió tener una muestra representativa de cada calidad de la zona ribereña y poder corroborar los resultados con mayor seguridad, por lo que se sugiere que para siguientes trabajos sean más las estaciones que representen las diferentes calidades de zona ribereña. Además las estaciones que presentaron mayor cobertura arbórea igualmente estaban alteradas por el manejo humano, no siendo zonas prístinas.

Algunos estudios muestran que el factor determinante en la calidad de agua es el uso del suelo a nivel de cuenca más que la zona ribereña (Roth *et al.* 1996, Allan *et al.* 1997, Sliva & Dudley 2001). En Roth *et al.* (1996), por ejemplo, los factores que predecían la integridad biológica (a través del uso de peces) y del cauce, eran las medidas de uso a nivel de cuenca más que la vegetación ribereña. La integridad de la zona ribereña sería el segundo factor involucrado en la integridad de los cursos, ya que hábitats que no tenían cobertura vegetal poseían los menores valores de integridad biológica y de cauce. Por lo que, los esfuerzos para conservar la integridad de los cursos son necesarios tanto en la zona ribereña como a nivel de cuenca (Roth *et al.* 1996.). Hay que tener en cuenta que quizás la extensión de cada zona ribereña que abarcó el presente estudio (50x50m) no fue lo suficientemente extensa como para absorber la variación entre zonas, además de no tomar en cuenta lo que ocurre aguas arriba, y realizándose además solo un relevamiento visual de la vegetación, debido a la disponibilidad de tiempo. En este sentido se sugiere que en siguientes estudios se incluyan en el análisis zonas ribereñas más extensas (ej. 200m, 500m) (Munné *et al.* 2002, González del Tánago *et al.* 2006) y relacionarlas con la extensión de usos del suelo de la cuenca, complementándose los datos de campo con otros obtenidos por sistemas de información geográfica, como en el caso de Roth *et al.* (1996). También sería necesario un mayor esfuerzo de muestreo en

cada parche, por ejemplo, mayor descripción de las cobertura de diferentes tipos vegetales: herbáceas, arbustos, árboles; y biomasa de las primeras dos, así como obtener un listado de especies nativas y exóticas, contribuyendo así a establecer en parte el grado de alteración de cada zona ribereña.

Por último, cabe resaltar que probablemente existió una disminución de monte en ambos usos, siendo las zonas ribereñas pertenecientes a las cuencas lecheras las más afectadas, ya que estaban totalmente modificadas, sin presencia de árboles nativos, totalmente cubiertas por pasturas. Es necesario tener en cuenta que el aumento en nutrientes, junto con el deterioro de las zonas ribereñas que puede aumentar la disponibilidad de luz que llega a los cursos por la tala del monte que sombrea, tiene como consecuencia la eutrofización (Carpenter *et al.* 1998, Smith *et al.* 1999). La calidad de la vegetación de la zona ribereña está asociada al uso de suelo (Ferreira *et al.* 2005), en particular la actividad ganadera y su intensificación (Belsky *et al.* 1999, Savadogo *et al.* 2007, Strauch *et al.* 2009). A pesar de la diferencia en intensidad que implican estos dos usos, en este trabajo se observó que para ambos manejos de la ganadería la calidad de la zona ribereña fue afectada. Kauffman & Kruger (1984), en una revisión sobre el impacto de la ganadería en ecosistemas ribereños, enumeran algunos impactos que esta actividad puede tener en la vegetación, como ser la *compactación del suelo*, que afectaría la disponibilidad de agua para la vegetación, la *remoción de hierbas*, que aumentaría la temperatura del suelo y con esto la evapotranspiración, y por último el *daño físico por ramoneo o pisoteo* que tendría repercusiones en las composición de especies y biomasa de herbáceas y leñosas por afectar las plántulas. En Uruguay, Carrere (2001), presenta algunas de las causas de degradación del monte. Una de ellas asociadas a la tala y quema de los montes, junto y para la introducción del ganado vacuno, impidió la regeneración de estos ecosistemas, siendo las especies arbóreas que formaron pseudomontes o montes de parque las más resistentes o menos apetitosas para el ganado, por ejemplo *Celtis sp.* (Tala), *Schinus sp.* (Molle), *Acacia caven* (Espinillo). *Scutia buxifolia* (Coronilla). Otro factor que provocó su disminución fue la tala para leña y carbón de leña para uso hogareño, industrial y de transporte, especialmente durante las guerras mundiales en la que escasearon el petróleo y carbón de piedra importados.

## 8. Consideraciones finales

El presente estudio evidencia que la intensidad y el manejo del ganado es un factor importante en el deterioro de los ecosistemas acuáticos estudiados, perteneciendo estos a la cuenca del Río Santa Lucía. Se observó que la ganadería extensiva y la ganadería lechera impactaron tanto a nivel de calidad de agua como a nivel de la zona ribereña, aunque la lechería tuvo un impacto mayor que la ganadería extensiva. Esto contribuye a evidenciar la necesidad de una visión integral de los sistemas de producción ganaderos extensivos y lecheros, la zona ribereña y la cuenca. Por un lado, es necesario generar conocimiento que permita mejorar el manejo de estos medios de producción para reducir sus impactos y conservar los sistemas acuáticos. En la bibliografía están identificadas las formas en las que la ganadería contamina los cursos de agua y deteriora la calidad de sus zonas ribereñas. Para un mejor manejo es necesario tener en cuenta el número de ganado por hectárea, la disponibilidad de fuentes alternativas de agua y limitar el acceso de los animales a los cursos, por ejemplo, por cercado (Davies-Colley *et al.* 2004, Vidon *et al.* 2008). Esta última medida evitaría que el ganado defecue dentro del curso y disminuiría la erosión. Se disminuye también el impacto de la ganadería en la calidad de agua de los cursos al tratar las aguas generadas del lavado de instrumentos o pisos previo a ser vertidas (Taverna *et al.* 2004). Es necesario también contemplar los métodos de producción de forraje reduciendo el uso de los fertilizantes comerciales, por ejemplo, reutilizando las excretas como abono (Koelsch & Lesoing *et al.* 1999), y aplicarlo en varias dosis moderadas, más que pocas dosis concentradas (Toor *et al.* 2004).

A su vez, en siguientes investigaciones, es necesario contemplar la zona ribereña al evaluar la calidad ambiental de los sistemas acuáticos. Esto por un lado permitiría determinar la influencia de la vegetación adyacente en la calidad fisicoquímica del curso, permitiendo también determinar de que manera afectan las actividades productivas la zona ribereña natural y así poder atenuar los efectos de dichas actividades. Para esto se deberían contemplar zonas ribereñas más extensas, tomando un mayor número de muestras que las utilizadas en este estudio, que permitan abarcar la heterogeneidad de la zona ribereña. A sí mismo deberían complementarse descripciones de la calidad de la zona ribereña a escala local con datos de sistema de información geográfica contemplando el uso del suelo a nivel de cuenca.

## 9. Bibliografía

- Achkar, M; Cayssials, R; Domínguez, A; & Pesce, F. 2004. *Hacia un Uruguay sustentable: gestión integrada de cuencas hidrográficas*. Programa: Uruguay Sustentable. REDES. Uruguay. 64 pp.
- Alba-Trecedor J., Jáimenez-Cuéllar P, Álvarez M., Avilés J., Bonada N., Casas J., Mellado A., Ortega M., Pardo I., Prat N., Rieradevall M., Robles S., Sáinz-Cantero C., Sánchez-Ortega A., Suárez M., Toro M., Vidal-Abarca M., Vivas S. & Zamora-Muñoz C. 2002. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP antes BMWP. *Limnética* 21 3-4: 175-185.
- Alfaro M., Salazar F., Iraira S., Teuber N., Ramírez L. 2005. Nitrogen runoff and leaching losses under two different stocking rates on beef production systems of southern Chile. *Gayana Botánica* 62:130-138.
- Allan J. D. & Castillo M.M. 2007. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. 2<sup>ed</sup>. Springer. The Netherlands. 436 pp
- Allan J.D. 2004. Landscapes And Riverscapes: The Influence Of Land Use On Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology and . Sysematics*. 35:257–84
- Alonso E. & Bassagoda M. 1999. Los bosques y los matorrales psamófilos en el litoral platense y atlántico del Uruguay. *Comunicaciones botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo*. VI 113:1-8.
- APHA 1995 *Estandar methods for the examination of water and wastewater*. APHA/AWWA/WPCF. Washington: 1268 p.
- Arocena R. & Conde D. 1999. *Métodos en aguas continentales. Con ejemplos de limnología en Uruguay*. Edición D.I.R.A.C. ,Facultad de Ciencias, Universidad de la República.. 235pp.
- Arocena R, Chalar G, Fabián D, De León L, Brugnoli E, Silva M, Rodó E, Machado I, Pacheco JP, Castiglioni R & Gabito L. 2008. *Informe final del convenio DINAMA-Facultad de Ciencias Sección Limnología, Evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitorio 2008*.
- Bagshaw C.S., Thorrold B., Davison M., Duncan I.J.H. & Matthews L.R. 2007. The influence of season and of providing a water trough on tream use by beef cattle grazing hill-country in New Zeland. *Applied Animal Behaviour Science*. 109 2-4:155:166.
- Basset –Mens C., Ledgard S. & Boyes M. 2007. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zeland. *Ecological. Econnomis*, doi:10.1016/j.ecolecon.2007.11.017
- Belsky A.J., Matzje A. & Uselman S. 1999. Survey of livestock influences on stream and ribereñan ecosystems in the western United States. *Journal of Soil and Water Conservation*. 54. 419-431.
- Boothroyd I.K.G., Quinn J.M., Langer E.R., Costley K.J. & Steward. 2004 *Ribereñan buffers mitigate effects of pine plantation logging on New Zeland streams. 1.Ribereñan vegetation structure, stream geomorphology and periphyton*. *Forest Ecology and Management*. 194:199-213.
- Brugnoli E., Masciardi S. & Muniz P. 2009. *Base de datos de especies exóticas e invasoras en Uruguay, un instrumento para la gestión ambiental*. ECOplata-InBUy-Sección Oceanología,Facultad de Ciencias UdelaR. 23 pp.
- Brussa C. & Grela I.2007. *Flora arborea del Uruguay. Con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó*. Empresa Gráfica Mosca. 544 pp
- Butler D. M., Ranells N. N., Dorcas H F, Poore M H & Green J T Jr 2008.Runoff water quality from manured ribereñan grasslands with contrasting drainage and simulated grazing pressur. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 126: 250–260.

- Carpenter S. R., Caraco N. F., Correll D. L., Howarth R. W., Sharp-ley A N & Smith V H 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Issues in Ecology* 3: 1-12
- Carrere R. 2001. El Monte Indígena, mucho más que un conjunto de árboles. Editorial Nordan-Comunidad. 100 pp.
- Chambers P.A., Meissener R., Wrona F.J., Rupp H., Guhr H., Seeger J., Clup J.M. & Brua R.B. 2006. Changes in nutrient loading in an agricultural watershed and its effects on water quality and stream biota. *Hydrobiologia*. 556:399-415.
- CGA 2000. <http://www.mgap.gub.uy/DIEA/CENSOVOL2/indice.htm>. 19 de noviembre de 2008. 10:38 am.
- Cey E. E., Rudolph D. L., Aravena R. & Parkin G. 1999. Role of the ribereñan zone in controlling the distribution and fate of agricultural nitrogen near a small stream in southern Ontario. *Journal of Contaminant Hydrology*. 37 pp 45-67.
- Chebataroff J. 1954 *Tierra Uruguaya*. Montevideo.
- Cooper A. B. & Thomsen, C. E. 1988. Nitrogen and phosphorus in streamwaters from adjacent pasture, pine, and native forest catchments. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 22: 279-291
- Davies-Colley R.J. & Quinn J.M. 1998. Stream lighting in five regions of North Island, New Zealand: control by channel size and ribereñan vegetation. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. Vol. 32: 591-605
- Davies-Colley R. J. & Nagels J. W. 2004. Water quality impact of a dairy cow herd crossing a stream. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 38: 569–576.
- DNRNR 2004 *Carta de Macrozonificación de Ecosistemas del Uruguay*. MGAP.
- Dodds W.K. & Welch E.B. 2000. Establishing nutrient criteria in streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 19(1):186-196.
- Ferreira M.T., Aguiar F.C. & Nogueira C. 2005. Changes in ribereñan woods over space and time: Influence of environment and land use. *Forest Ecology and Management*. 212. 145-159.
- García-Esteves J. , Ludwig W., Kerherve P., Probst J. L. & Lespinas F. 2007. Predicting the impact of land use on the major element and nutrient fluxes in coastal Mediterranean rivers: The case of the Te't River (Southern France). *Applied Geochemistry* 22 :230–248
- González del Tánago M., García de Jalón D., Lara F & Garilleti R. 2006. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ingeniería Civil*. 143: 97-108.
- Hicks B.J. 1997. Food webs in forest and pasture streams in the Waikato region, New Zealand: a study based on analyses of stable isotopes of carbon and nitrogen, and fish gut contents. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 31. pp 651-664
- Kalff J. 2003. *Limnology: inland water ecosystems*. Poentice Hall, Inc. UpperSaddle River, New Jersey 074568. pp 592.
- Kauffman J. B. & Kruger W. C. 1984. Livestock impacts on ribereñan ecosystems and streamside management implication. *A review. Journal of Range Management*. 37 (5). 430-438.
- Koroleff F. (1970) *Revises versión of direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue*. Int. Con. Explor. Sea. C.M. 1969/C9. ICES, Information on techniques and methods for sea water analysis. *Interlab. Rep* 3:19-22.

- Koelsch R. & Lesoing G. 1999. Nutrient balance on Nebraska Livestock Confinement Systems. *Journal of Animal Science*. 77. 63-71.
- Lampert W. & Sommer U. 2007. *Limnoecology*. OXFORD. UNIVERSITY Press. 2<sup>nd</sup> ed. pp 324.
- Likens G. E. 1984. Beyond the Shoreline: A watershed-ecosystem , *Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie*. 22:1-22.
- Müller R. & Widemann O. 1955 *Die Bestimmung des Nitrat-Ions in Wasser*. Von Wasser 22:247p.
- Miltner R. J. & Rankin E. T. 1998. Primary nutrients and the biotic integrity of rivers and streams. *Freshwater Biology*. 40. 145-158.
- Monaghan R.M., Paton R.J., Smith L.C., Drewry J.J. & Littlejohn R.P. 2005. The impacts of nitrogen fertilization and increased stocking rate on pasture yield, soil physical condition and nutrient losses in drainage from cattle-grazed pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 48. 227-240
- Munné A., Prat N., Solà C., Bonada N. & Rieradevall M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of ribereñan habitat in rivers and stream: QBR index. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst*. 13: 147-163.
- Murphy J. & Riley J.P. 1962 A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anaitica. Chimica Acta* 27:31-36.
- Newbold J. D., Elwood J. W., O'Neill R. V. & Sheldon A. L. 1983. Phosphorus Dynamics in a Woodland Stream Ecosystem: A Study of Nutrient Spiralling. *Ecology* 64:1249-1265.
- Proyecto Sobre Control y Gestión de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Santa Lucía Informe de Avance N° 1 Octubre de 2008.  
[http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com\\_docman&task=catview&gid=100&Itemid=158](http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com_docman&task=catview&gid=100&Itemid=158) . 9 de Diciembre de 2008. 11:03 am.
- Quinn J.M., Boothroyd I.K.G. & Smith B.J. 2004. Riparian buffers mitigate effects of pine plantation logging on New Zealand streams. 2. Invertebrates communities. *Forest Ecology and Management*. 191:129-146.
- Rios S.L. & Bailey R. 2006. Relationship between ribereñan vegetation and stream benthic communities at three spatial scales. *Hydrobiologia*. 553:153-160.
- Roth N.E., Allan D. & Erickson D.L. 1996. Landscape influences on stream biotic integrity assessed at multiple spatial scales. *Landscape Ecology*. 11 (3). 141-156.
- Rowe D.K., Smith J., Quinn J. & Boothroyd I. 2002. Effects of logging with and without ribereñan strips on fish species abundance, mean size, and the structure of native fish assemblages in Coromandel, New Zealand, streams. *New Zealand Journal os Marine and Freshwater Research*. 36:69-79.
- Savadogo P., Sawadogo L. & Tiveau D. 2007 Effects of grazing intensity and prescribed FIRE on soil physical and hydrological properties and pasture yield in the savanna woodlands of Burkina Faso. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 118:80-92.
- Sliva L. & Dudley D.W. 2001. Buffer zone versus whole catchment approaches to studding land use impact on river water quality. *Water Research*. 35 (14). 3462-3472.

- Smith V.H., Tilman G.D. & Nekola J.C. 1999. *Eutrophication: impacts of excess nutrient unputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems*. Environmental Pollution. 100. pp 179-196.
- Strauch A.M., Kapust A.R. & Jost C.C.. 2009. Impact of livestock management on water quality and streambank structure in a semi-arid, African ecosystem. *Journal of Arid Environmets*. 73 pp 795-803.
- Szilassi P., Jordan G., van Rompaey A. & Csillag G. 2006. *Impacts of historical land use changes on erosion and agrucultural soil properties in the Kali Basin at Lake Balaton, Hungary*. Catena 68:96-108.
- Taverna M., Charlón V., Panigatti C., Castillo A., Serrano P., Giordano P. 2004. *Manual sobre el manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de ambientes locales sanos*. Ed. INTA ISBN 987-521-121-4, 75 pp.
- Texeira F. 2007. *Efecto del Uso del Suelo Sobre La Calidad del Agua y las Comunidades De Peces en Sisitemas Lóticos de la Cuenca Baja del Río Santa Lucía (Uruguay)*. Tesis de Maestría.
- Thyssen N. & ErlandsenM. 1987. Reaeration of oxygen in shallow, macrophyte rich stream II. Relationship between the reaeration rate coefficient and hydraulic proprieties. *Internationale Revue der Gesamten hydrobiology*. 72. pp 575-597.
- Toor G. S., Condor L.M., Cameron K.C. & Sims J.T. 2004. Impact of farm-dairy effluent application on the amounts and forms of phosphorus loss by leaching from irrigated grassland. *New AZeland Journal of Agricultural Research*. 47. 479-490.
- Valderrama J.C. 1981 The simultaneous análisis of total Nitrogen and Total Phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10:109-122.
- Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 37: 130-137.
- Vidon P., Campbell M. Am & Gray M. 2008. Unrestricted cattle access to streams and water quality in till landscape of the Midwest. *Agricultural water management*. 95. 322-330.
- Vought L.B.M., Pinay G., Fuglsang A. & Ruffinoni C. 1995 Structure and function of buffer strios from a water quality perspectiva in agricultural landscapes. *Landcape and Urban Planning*. 31:323-331.
- Wilcock R.J., Champion P.D., Nagels J.W. & Croker G.F. 1999. The influence of aquatic macrophytes on the hydraulic and physico-chemical properties of a New Zeland lowland stream. *Hydrobiología* in press.
- Wilcock R.J., Nagels J.W., Rodda H.J., O'connor M.B., Thorrold B. & Barnett J.W. 1999. Water quality of a lowland stream in a New Zeland dairy farming catchment. *New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research*. 33:683-696.

## **ANEXO 1**

### **Mapa con las Estaciones de Muestreo**



## **ANEXO 2**

**Valores de los parámetros de todas las estaciones en cada salida**

**Tabla A2.1.** Valores de temperatura, oxígeno disuelto porcentaje de solubilidad de oxígeno disuelto , pH y conductividad por estación para cada muestreo. O :estaciones de uso ganadero extensivo, Q estaciones de uso ganadero lechero; Temp: temperatura; OD: oxígeno disuelto; OD(%) porcentaje de solubilidad de oxígeno disuelto; Cond: conductividad

Estación	Fecha	Temp (°C)	OD (ppm)	OD (%)	pH	Cond (uS/cm)
O1	dic 2006	26.4	3.7	46.4	7.3	266.7
O2		26.0	5.0	61.8	7.4	232.0
O3		27.1	7.0	87.7	7.6	324.7
O4		25.2	8.4	102.9	7.6	379.0
Q1		23.5	5.4	64.0	7.8	486.3
Q3		25.2	10.4	127.1	8.2	436.5
Q5		23.2	5.1	59.7	8.0	944.7
O1		marzo 2007	25.4	4.4	53.1	8.5
O2	23.3		5.8	68.4	8.3	238.3
O3	22.4		6.9	80.0	8.3	214.3
O4	20.8		6.7	75.5	8.8	239.7
Q1	25.6		7.0	86.3	8.0	485.7
Q3	27.4		8.8	111.9	8.1	459.3
Q5	24.3		5.1	60.6	8.0	866.3
O1	julio 2007		9.6	11.8	103.3	8.0
O2		8.9	11.5	99.8	7.9	476.7
O3		8.4	11.0	94.2	7.9	420.0
O4		8.2	11.2	95.3	7.7	330.0
Q1		8.9	11.5	99.7	7.9	696.7
Q3		9.7	11.6	102.1	8.1	683.3
Q5		7.7	10.0	84.0	8.0	933.3
O1		noviembre 2007	25.0	8.0	97.6	7.1
O2	27.9		5.2	66.3	7.6	440.0
O3	26.0		8.3	102.9	7.8	433.3
O4	24.6		7.7	92.5	7.7	446.7
Q1	23.6		12.9	152.6	8.1	609.3
Q3	26.5		10.0	124.6	8.3	661.7
Q5	22.7		6.4	73.8	8.0	959.3

**Tabla A2.2.** Valores de Alcalinidad, SST, MOS y %MO por estación para cada muestreo. O :estaciones de uso ganadero extensivo, Q estaciones de uso ganadero lechero; SST : Sólidos Suspendidos Totales; MOS: Materia Orgánica en Suspensión; MO%: Porcentaje de Materia Orgánica en Suspensión.

Estación	Fecha	Alcalinidad (mgCaCO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	SST (mg l <sup>-1</sup> )	MOS (mg l <sup>-1</sup> )	MO%
O1	dic 2006	170.9	6.0	2.8	46.7
O2		144.1	10.0	3.0	30.0
O3		198.4	5.5	3.5	63.6
O4		249.0	3.7	2.9	80.0
Q1		299.5	7.7	1.7	21.4
Q3		181.1	17.7	9.2	52.2
Q5		582.1	6.9	3.8	54.5
O1		marzo 2007	186.5	5.5	3.0
O2	147.7		28.3	4.4	15.7
O3	120.6		4.0	3.5	87.5
O4	144.3		4.0	2.0	50.0
Q1	145.1		6.0	1.5	25.0
Q3	201.4		7.0	2.5	35.7
Q5	227.3		8.0	6.5	81.2
O1	julio 2007		294.5	1.5	1.0
O2		231.8	10.5	7.0	66.7
O3		185.9	0.0	0.0	0.0
O4		142.7	8.5	3.0	35.3
Q1		314.0	8.0	4.0	50.0
Q3		331.9	14.5	11.2	77.3
Q5		397.8	16.8	3.2	19.0
O1		noviembre 2007	278.6	4.4	1.8
O2	224.9		42.4	11.8	27.8
O3	207.0		4.6	3.1	66.7
O4	229.5		10.5	2.6	25.0
Q1	308.5		6.8	3.4	50.0
Q3	329.4		10.6	3.1	29.4
Q5	477.6		1.6	4.7	300.0

**Tabla A2.3.** Valores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NID, N-Org, NT, PRS y Pt (f{zoóforo total) por estación para cada muestreo. O :estaciones de uso ganadero extensivo, Q estaciones de uso ganadero lechero.

Estación	Fecha	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg l <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg l <sup>-1</sup> )	NID (µg l <sup>-1</sup> )	N-Org (µg l <sup>-1</sup> )	NT (µg l <sup>-1</sup> )	PRS (µg <sup>-1</sup> )	Pt (µg l <sup>-1</sup> )
O1		177.0	42.0	219.0	1692.0	1911.0	85.4	177.4
O2		141.8	23.1	164.9	639.8	804.7	90.1	137.7
O3	dic 2006	40.5	18.7	59.2	1251.0	1310.3	3.6	42.0
O4		7.8	0.0	7.8	573.6	581.5	0.0	6.0
Q1		1368.7	0.0	1368.7	2175.2	3543.9	476.7	722.7
Q3		34.9	8.6	43.5	1053.2	1096.7	210.5	437.2
Q5		126.1	87.8	213.8	5201.0	5414.8	579.0	932.9
O1		282.0	9.8	291.8	852.4	1144.2	85.2	138.2
O2		260.0	40.7	300.7	413.5	714.2	27.8	95.6
O3	marzo 2007	136.8	34.4	171.1	320.9	492.0	1.8	38.0
O4		37.4	9.8	47.2	469.0	516.1	0.0	26.5
Q1		1366.8	17.8	1384.6	1018.2	2402.7	273.7	371.6
Q3		148.7	26.8	175.5	1153.9	1329.4	358.3	492.9
Q5		199.0	24.5	223.6	1134.8	1358.4	456.2	604.7
O1		111.2	13.0	124.2	2609.2	2733.4	9.9	44.4
O2		120.6	10.2	130.8	1633.4	1764.3	14.2	27.9
O3	julio 2007	60.4	0.7	61.1	4282.8	4343.8	51.3	65.6
O4		158.9	10.1	169.0	3408.0	3576.9	0.1	21.1
Q1		101.5	5.0	106.4	12429.2	12535.6	161.4	228.3
Q3		75.7	30.3	106.0	2787.7	2893.7	0.7	49.2
Q5		36.2	6.2	42.4	1101.4	1143.8	16.9	13.5
O1		71.7	9.4	81.2	4262.6	4343.8	36.6	7.3
O2		48.3	9.7	58.0	7980.8	8038.8	28.3	22.6
O3		167.1	6.4	173.5	4114.5	4288.1	21.2	29.5
O4	noviembre 2007	28.7	5.0	33.7	6164.6	6198.3	31.2	21.4
Q1		354.8	11.3	366.1	6564.3	6930.3	134.6	120.6
Q3		69.4	10.9	80.2	7366.0	7446.2	135.5	131.7
Q5		90.5	22.4	112.9	13663.7	13776.5	279.2	458.4

**Anexo 3**  
**Índice QBR**

### Descripción del Lugar

Observador:	Fecha:	Hora:
Estación: Arroyo	Camino	Orilla: Derecha Izquierda

Cobertura de suelo	L	A	S	L	A	S	L	A	S	m de orilla	Observaciones	T
Monte Nativo											L= Largo; A=Ancho;S=Sup.	
Forestación												
Agricultura												
Pasturas												
Pajonal												
Arbustos												
Otros												

#### Monte – Curso

Sombra de monte sobre agua	Abajo	Medio	Arriba	Observaciones
0 %				
<25 %				
25-50 %				
50-75 %				
75-100 %				

#### Condiciones de la orilla

<b>% del agua en contacto con</b>
veg. leñosa, macrófitas, elementos rocosos
veg. herbácea
suelo desnudo

sin síntomas de inestabilidad
con síntomas de inestabilidad
síntomas de erosión por actividad humana

irregular y sinuosa
muy poco sinuosa
rectificada

Donde existen arbustos:

Cobertura Arbustos (%)	Lugar 1			Lugar 2			Lugar 3			Observaciones
A lo largo del río (m) →	0	25	50	0	25	50	0	25	50	
>75										
75-50										
50-25										
25-0										
Otras										

Presencia de árboles		Regeneración de árboles
nativos		adultos
exóticos		jóvenes
		rebrotos

Alteración del suelo		Observaciones
caminos		
pisadas ganado		
sin cobertura		
excavación		
relleno		
erosión		

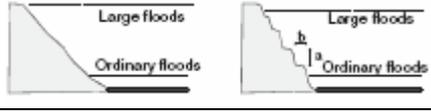
<b>Total de la cobertura Riparia</b>		<b>Total</b>
25	> 80 %	
10	50 – 80 %	
5	10 – 50 %	
0	< 10 %	
+10	Conectividad monte paisaje total	
+5	> 50%	
-5	20 – 50 %	
+10	< 25 %	

<b>Estructura de la cobertura</b>		<b>Total</b>
25	> 75 % cobertura de árboles	
10	50 – 75 % cobertura de árboles o 25 – 50 % árboles y 25 % arbustos	
5	< 50 % de cobertura de árboles y 10 - 25 % de arbustos	
0	< 10 % de árboles y arbustos	
+10	50% del canal con helofitas y arbustos	
+5	25 – 50 % canal con helofitas y arbustos	
+5	árboles y arbustos en igual parche	
-5	árboles regularmente distribuidos y arbustos > 50 %	
-5	Árboles y arbustos en diferentes parches	
-10	Árboles distribuidos regularmente y arbustos < 50 %	

<b>Calidad de la cobertura</b>		<b>Total</b>		
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	n° spp. de árboles nativos	>1	>2	>3
10	n° spp. de árboles nativos	1	2	3
5	n° spp. de árboles nativos	0	1	1-2
0	Ausencia	-		
+10	Comunidad de árboles continúa a través del río y cubre al menos 75 % de la orilla			
+5	Casi continua y cubre al menos 50 % del área riparia			
+5	La comunidad riparia en galería n° spp. de arbustos	>2	>3	>4
-5	Hay construcciones humanas			
-5	Spp. exóticas aisladas			
-10	Comunidad de árboles de spp. exóticas			
-10	Basura			

<b>Alteración del canal</b>		<b>Total</b>
25	sin canalización	
10	canalización sin estructuras rígidas	
5	canalización con estructuras rígidas	
0	Canalización	
-10	Lecho del curso con estructuras rígidas (ej. Pozos)	
-10	Estructuras transversales en el canal (ej. Presa)	

### Pendiente y forma de zona riparia

		Izquierda	Derecha
Muy escalonado, vertical o cóncavo (pend. $>75^\circ$ ), muy alto, no se espera que márgenes sean excedidos en inundación.		6	6
Similar a la anterior pero con bankfull que diferencia zona de inundación del canal principal.		5	5
Pend de márgenes entre $45^\circ$ y $75^\circ$ , con o sin escalones.		3	3
Pend. márgenes entre $20^\circ$ - $45^\circ$ , con o sin escalones ( $a < b$ )		2	2
Pend. $<20^\circ$ , gran zona riparia		1	1

Presencia de una o más islas en el curso		
Ancho de todas las islas "a" $>5m$		-2
Ancho de todas las islas "a" $<5m$		-1

Porcentaje de sustrato duro que hace imposible la presencia de plantas con raíces	
$> 80 \%$	No se aplica
$60 - 80 \%$	+6
$30 - 60 \%$	+4
$20 - 30 \%$	+2

<b>Total</b>	
--------------	--

Tipo geomorfológico de acuerdo al total		
$>8$	<b>Tipo 1</b>	Hábitat riparios cerrados. Si hay árboles riparios, están reducidos a una pequeña franja. Cabecera.
5-8	<b>Tipo 2</b>	Hábitat riparios de cabeceras o aguas medias. Monte probablemente grande y originalmente en galería.
$<5$	<b>Tipo 3</b>	Grandes hábitat riparios, y potencialmente montes extensos. Cursos bajos.

## **ANEXO 4**

### **Resultados del Índice QBR**

**Tabla A4.1.** Se muestran los resultados por sección y total del índice QBR para cada estación. O: estaciones ganaderas extensivas; Q: estaciones ganaderas lecheras.

Características	O1		O2		O3		O4		Q1		Q3		Q5	
	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I
<b>Total Cobertura Ribereña</b>	5	25	0	10	5	0	0	0	5	5	0	5	0	0
Conectividad		10	10	10	10	10	10	10	5		-10		5	10
<b>Estructura de la Cobertura</b>	5	25	10	25	5	0	0	0	5	5	0	5	5	5
Helófitas-Arbustos	5	5	5		5	5	5	5	10		5	5	5	10
Árboles-Arbustos				-5								-5		
<b>Calidad de la cobertura</b>	25	25	25	25	25	25	5	5	25	25	25	25	25	25
Galería	15	10	10	15	10									
Construcciones humanas														
Spp. Exóticas			-5											
Basura														
<b>Alteración del canal</b>	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	10	10	10
Estructuras rígidas lecho														
Estructuras rígidas transv.														
Total	80	125	80	105	85	65	45	45	75	60	45	45	50	60
Promedio Orillas	103		93		75		45		68		45		55	
<b>Calidad QBR</b>	5		4		4		2		3		2		3	
<b>Geomorfología</b>					1		1		1		1		1	