

Serie: Documentos de Trabajo – N° 39

**CALIDAD DEL AGUA EN EL
DEPARTAMENTO DE ROCHA**



Florencia Forni y Flavio Scasso
*Programa de Conservación de la Biodiversidad y
Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este*

**CALIDAD DEL AGUA EN EL
DEPARTAMENTO DE ROCHA**

Rocha, diciembre de 2001

AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente la colaboración brindada por la Sección Calidad de Aguas de la Dirección Nacional de Hidrografía (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) en lo referente al intercambio de información.

ISBN 9974 –7611-8-2

PROBIDES

Ruta 9, km 204 – Rocha – Uruguay

Tel. (047) 25005 y 28021

probides@probides.org.uy - www.probides.org.uy

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	5
1. ÁREA DE ESTUDIO.....	6
1.1. Cuenca de la laguna Merín y sistema de drenaje del canal Andreoni	7
1.2. Cuenca de laguna de Rocha.....	8
2. COLECTA DE INFORMACIÓN	9
3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y CLASIFICACIÓN SEGÚN ESTÁNDARES	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
5. CONSIDERACIONES FINALES	19
BIBLIOGRAFÍA	21

ANEXOS

ANEXO 1. Resumen estadístico de los parámetros relevados para la cuenca de la laguna Merín y sistema de drenaje del canal Andreoni.

ANEXO 2. Resumen estadístico de los parámetros relevados en el arroyo de Rocha.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Rocha forma parte de la Reserva de Biosfera Bañados del Este la cual ha sido delimitada en base a criterios que contemplan las divisorias de cuencas hidrográficas, reconociendo el rol fundamental que tiene el manejo de los recursos hídricos en la gestión de una zona fundamentalmente ocupada por humedales. Las dos cuencas que definen a la Reserva están representadas en el departamento de Rocha. Éstas son la cuenca de laguna Merín y la cuenca del Océano Atlántico.

Los recursos hídricos son elementos esenciales tanto para la conservación de los humedales y de la vida silvestre como para las actividades agropecuarias de la región y demás usos humanos. El manejo del recurso agua en el departamento ha ocasionado situaciones de tensión intrasociales, generadas por conflictos de uso.

Una de las actividades que ha causado mayores cambios en el régimen hídrico y en la calidad del agua del departamento han sido las obras de drenaje emprendidas a partir de la primera mitad del siglo XX. También es preciso considerar otros disturbios, como el vertido de los sistemas de saneamiento de centros poblados, la erosión de los suelos y el aporte de agrotóxicos (fertilizantes y pesticidas) provenientes de diversas actividades agrícolas y ganaderas. En Rocha, el principal usuario del agua es el sector arrocero, lo que queda demostrado por los volúmenes máximos de caudales autorizados por toma directa, publicados en “Aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales - Inventario Nacional” de la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH). El uso industrial y para abastecimiento de las poblaciones es de menor entidad.

Dada la complejidad de los factores determinantes de la calidad del agua y de la cantidad de variables usadas para describir el estado de los ambientes acuáticos, es difícil desarrollar una definición de este concepto. Además es necesario vincular la calidad con los requerimientos de uso del agua. Si bien pueden existir varias razones para la evaluación de calidad del agua, tradicionalmente la razón principal ha sido la necesidad de verificar si la calidad observada se ajusta a los usos del ambiente (Meybeck *et al.* 1992).

El proceso de análisis de la calidad del agua es una evaluación de la naturaleza física, química y biológica con relación a las condiciones naturales, usos y efectos humanos. Existen diferentes formas de abordar un análisis de calidad del agua, ya sea a través de medidas cuantitativas (como determinaciones fisico-químicas, tests bioquímicos y biológicos), o por descripciones semicuantitativas y cualitativas (como índices bióticos, aspecto visual, inventario de especies, olor, etc.) (Meybeck y Helmer 1992).

El principal objetivo de este trabajo es realizar un diagnóstico de la calidad del agua superficial en el departamento de Rocha. Para ello se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Conocer la calidad del agua de ambientes naturales y artificiales a través del análisis de información fisico-química.

- ✓ Clasificar los ambientes según los estándares establecidos en el decreto de calidad de aguas (N° 253/979).
- ✓ Elaborar un documento que sirva de base para el monitoreo de la calidad del agua en el departamento de Rocha.

1. ÁREA DE ESTUDIO

Los datos recopilados en este trabajo corresponden a ambientes pertenecientes a la cuenca de laguna Merín (río San Luis y arroyo San Miguel), al sistema de drenaje del canal Andreoni (canal N°2, laguna Negra, canal Laguna Negra y canal Andreoni) y a la cuenca de laguna de Rocha (arroyo Rocha) (Figuras 1 y 2).

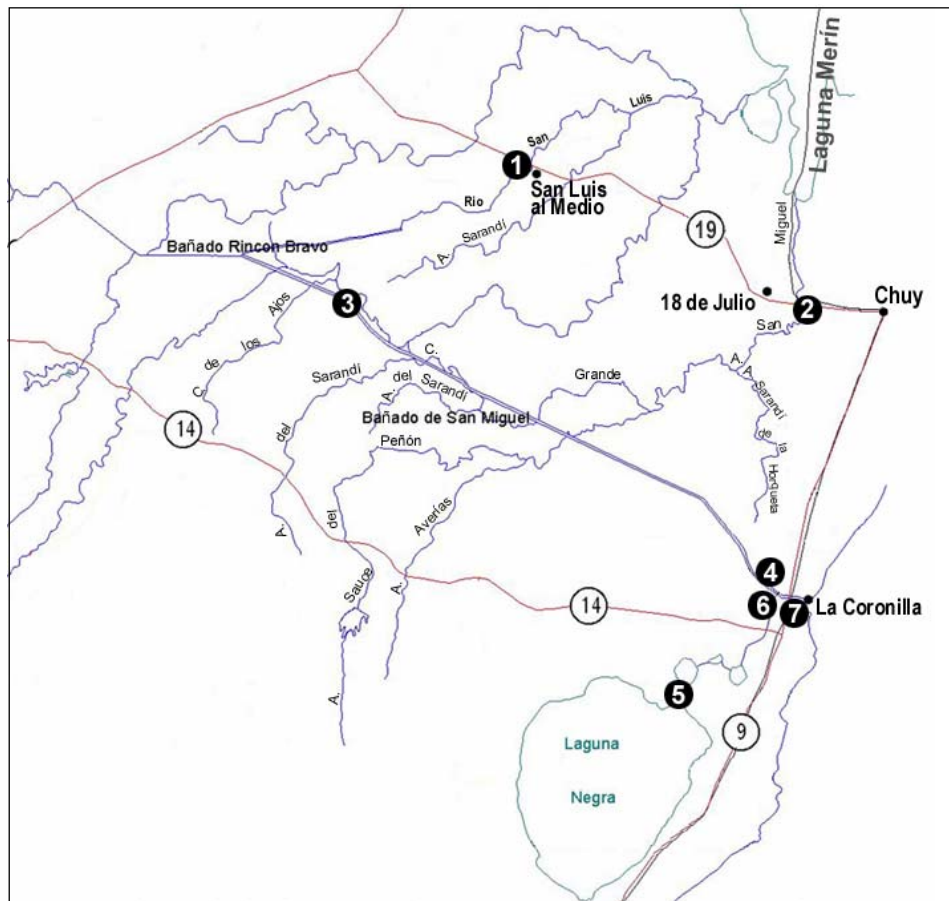


Figura 1. Estaciones de muestreo de la cuenca de laguna Merín y sistema de drenaje del canal Andreoni.

1. Río San Luis (ruta 19).
2. Arroyo San Miguel (ruta 19).
3. Canal N° 2, parte alta (puente en camino hacia Barrancas).
4. Canal N° 2, parte baja (aguas arriba de la confluencia con el canal Laguna Negra).
5. Laguna Negra (compuertas).
6. Canal Laguna Negra (aguas arriba de la confluencia con el canal N° 2).
7. Canal Andreoni, desembocadura (puente colgante).

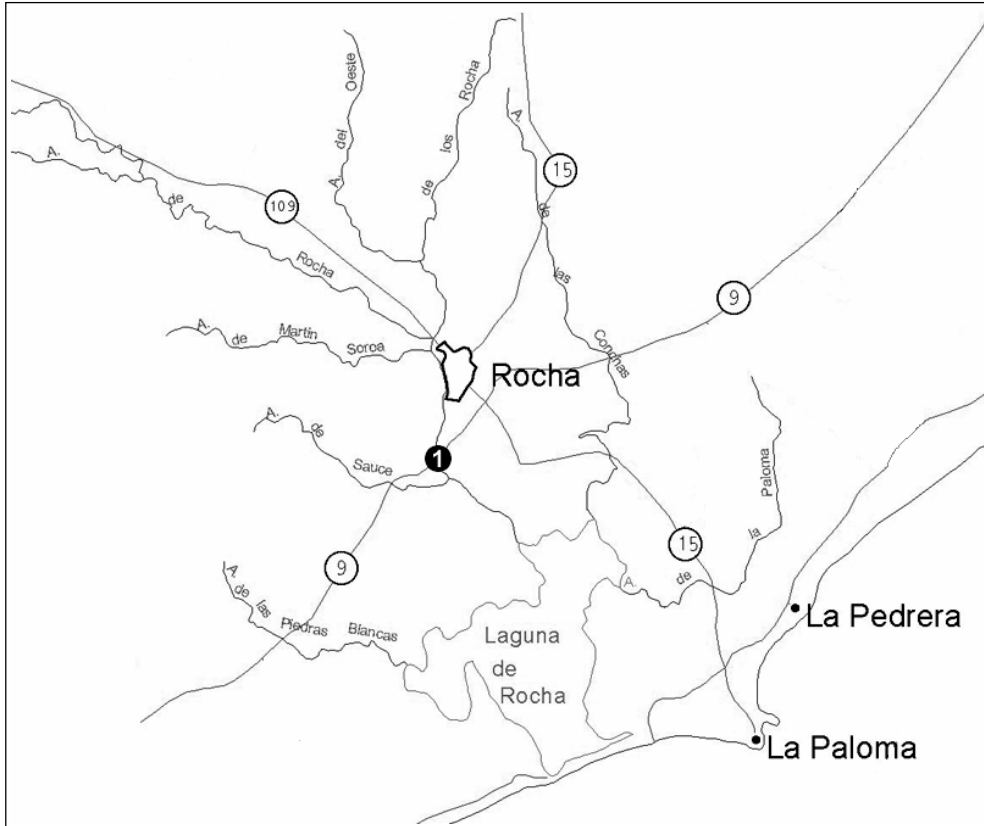


Figura 2. Estación de muestreo en la cuenca de laguna de Rocha.

1. Arroyo Rocha (ruta 9).

1.1. Cuenca de laguna Merín y sistema de drenaje del canal Andreoni

La laguna Merín, que desemboca a través del canal San Gonzalo en la laguna de los Patos, es alimentada desde el territorio uruguayo, por un sistema de ríos y arroyos, siendo los principales afluentes los ríos Aguaron, Tacuara y Cebollatí. En el extremo sur de la laguna desaguan dos de los cursos contemplados en este trabajo, el río San Luis y el arroyo San Miguel.

Los principales problemas ambientales en la cuenca de laguna Merín, surgen por la desecación de los humedales a través del represamiento y drenaje para un desarrollo agrícola dedicado a la producción de arroz y a la implantación de sistemas de rotación arroz-ganadería (OEA, BID, OPP 1992).

Las obras de drenaje y riego en esta cuenca, datan de la primera mitad del siglo XX, cuando la concepción de “recuperar” tierras, implicaba la desecación de bañados con fines agropecuarios. De esta forma se ha modificado la realidad hídrica de la región al construir obras para el drenaje de humedales y para la protección frente a inundaciones.

En 1979, se declararon de interés nacional las obras de desecamiento de los bañados del departamento de Rocha para uso agropecuario. Entre 1979 y 1981, se realizaron importantes obras de drenaje y sistemas de riego por parte del Estado, a las que se sumaron las obras de particulares amparadas por el decreto N°179/979. Altamirano y Sans (1998) han estimado que de los humedales originales de la región sólo resta entre un 30 y un 35 %.

Antiguamente las aguas de laguna Negra y de extensas zonas de humedales, drenaban hacia la laguna Merín. Actualmente, estas aguas son encauzadas hacia el canal Andreoni y evacuadas en el océano Atlántico. La desembocadura de este canal en el océano ha producido la degradación de las playas de La Coronilla, por el arrastre de vegetación acuática y animales muertos, y la coloración negra de las aguas debido a las elevadas cargas de materia orgánica (Muzio 1995). Además, se han producido importantes alteraciones de las características geomorfológicas de la costa, generando erosión en las playas y disminución del cinturón arenoso. El vertido de agua dulce a través del canal Andreoni produce un gradiente espacial de salinidad desde la desembocadura del canal hasta la playa de Barra del Chuy (Lercari y Defeo 1999). El aporte del canal determina un aumento de la concentración de nitrógeno y fósforo, así como del material en suspensión del agua costera. Todos estos efectos generan modificaciones en las comunidades que habitan la playa, constatándose un marcado descenso de la abundancia de especies de actual o potencial importancia comercial como la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*), el berberecho (*Donax hanleyanus*) y el tatucito (*Emerita brasiliensis*) (Lercari y Defeo 1999).

El conjunto de las obras mencionadas hasta el momento, demuestra que el recurso agua de las partes bajas de los humedales del este, está siendo utilizado mayoritariamente por el sector arrocerero, produciéndose importantes conflictos con el sector turístico y reduciendo su disponibilidad para usos recreacionales, de conservación y para el potencial abastecimiento de agua potable de la región. Estos conflictos se ven acentuados por el alto uso de fertilizantes y herbicidas.

En la actualidad, existen diferentes propuestas de regulación hídrica que apuntan a reencauzar las aguas a través de vías naturales derivando el máximo caudal hacia la laguna Merín y eliminando el desagüe del canal Andreoni en el océano (Hidrocampo Ingenieros 1999).

1.2. Cuenca de laguna de Rocha

En la franja costera encontramos una cadena de sistemas de lagunas, entre las que se destacan las lagunas José Ignacio, Garzón, Rocha, Castillos y laguna Negra.

La laguna de Rocha presenta una barra arenosa paralela a la costa. Cuando esta barra se abre al mar, se registran marcados gradientes de salinidad debido al ingreso de agua oceánica desde el sur y a los aportes de agua dulce desde el norte por parte de sus principales tributarios, los arroyos Rocha, Las Conchas y La Palma.

En las cuencas de estos arroyos se ha constatado una fuerte incidencia de procesos erosivos. El sobrepastoreo ha producido grandes zanjas (cárcavas) en las cabeceras de muchas

cañadas. Como consecuencia, gran cantidad de material del suelo es transportado hasta la laguna donde se deposita (Montaña y Bossi 1997). En los últimos años se ha comprobado una reducción significativa del área ocupada por bosques ribereños fundamentalmente en las márgenes de su principal tributario, el arroyo Rocha (Pintos *et al.* 1991a, Arocena *et al.* 1996). En la actualidad la creciente actividad forestal que se desarrolla en su cuenca, en especial en las zonas altas de la misma, contribuye a reducir aún más los bosques nativos ubicados en la sierra y en las quebradas que drenan hacia la laguna, acentuando los procesos erosivos e incrementando el uso de agroquímicos.

El arroyo Rocha, fuente de agua potable para la capital del departamento, en su paso por la ciudad de Rocha recibe las aguas cloacales, de alcantarillado, los desechos del Matadero Municipal y los lixiviados del basurero. La laguna de Rocha es una de las lagunas costeras más amenazadas debido al grado de urbanización de su cuenca, su cercanía a centros de avanzado desarrollo turístico, su fácil acceso y una menor extensión de humedales circundantes.

2. COLECTA DE INFORMACIÓN

Los datos fueron colectados mensual y bimensualmente y abarcan el período comprendido entre julio de 1997 y marzo de 1999, para la cuenca de la laguna Merín y el sistema de drenaje del canal Andreoni. Para la cuenca de laguna de Rocha se cuenta con información correspondiente al período julio de 1997 - setiembre de 1998. En cada muestreo se analizaron los parámetros que se detallan en la Tabla 1, mediante una sonda multiparámetro YSI 6820.

Tabla 1. Parámetros analizados de calidad del agua

Parámetro	Abreviatura y unidad
Temperatura del agua	T (°C)
Conductividad específica	K (μS/cm)
Sólidos totales disueltos	STD (g/l)
Salinidad	Sal (‰)
Oxígeno disuelto	O ₂ (mg/l)
Porcentaje de oxígeno disuelto	O ₂ (%)
pH	pH
Cloruro	Cl ⁻ (mg/l)
Amonio	NH ₄ (mg/l)
Amoniaco	NH ₃ (mg/l)
Nitrato	NO ₃ (mg/l)
Turbidez	(NTU)

3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y CLASIFICACIÓN SEGÚN ESTÁNDARES

Para el análisis de los datos, éstos fueron agrupados por períodos (julio-diciembre para 1997 y 1998 y enero-marzo para 1998 y 1999) de modo de hacerlos comparables. La información referente a la cuenca de Laguna de Rocha fue analizada de forma separada sin agruparla por períodos.

Para cada parámetro, se determinaron los máximos y mínimos registrados, y el comportamiento medio a lo largo del período considerado se determinó a través de la mediana. Debido a que la mayoría de las variables consideradas presentaron una variación importante en sus valores se aplicó este estadístico en lugar de la media, ya que la mediana no es sensible a valores extremos, por lo que es más representativa que la media (Demayo 1992). Para el arroyo Rocha se presentan los datos sin análisis de su tendencia media por períodos.

En el Anexo I (Tablas 1, 2, 3 y 4) y en el Anexo II (Tabla 1) se resume la información de las variables analizadas en cada ambiente y período considerado.

El decreto de calidad de aguas, N° 253/979 de mayo de 1979, y sus modificativos, en su artículo 3° establece una clasificación de los cuerpos de agua del país. Esta se basa en los usos preponderantes actuales o potenciales y establece cuatro clases (Tabla 2).

La clasificación de las aguas se realizó basándose en los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, nitratos, pH y turbidez. Es importante destacar que, para la clasificación de las aguas, el decreto mencionado se basa en un conjunto más amplio de variables algunas de las cuales no fueron consideradas por ausencia de relevamiento. Del mismo modo, en el presente trabajo se hace referencia a otras variables, no contempladas por la legislación, pero que aportan valiosa información para entender el funcionamiento de estos sistemas, como es el caso de la conductividad, amonio, cloruro y salinidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, en función de la mediana de los parámetros seleccionados, todos los ambientes analizados pueden, al menos en algún período ser clasificados como Clase 1 según el decreto mencionado. Sin embargo, para algunos parámetros los valores excedieron el rango de esta clase, alcanzando valores propios de clases menos exigentes.

Analizar el contenido de **oxígeno disuelto (OD)** y su variación en el tiempo es prioritario ya que su medida proporciona valiosa información sobre las reacciones biológicas y bioquímicas que ocurren en el agua. Su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida, e indica la capacidad de autodepuración del ambiente frente a eventos de contaminación orgánica.

Tabla 2. Clasificación de los cuerpos de agua y límites establecidos para algunos de los parámetros contemplados en el decreto N° 253/979.

<p>Clase 1 Aguas destinadas o que pueden ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.</p>						
<p>Clase 2 a Aguas destinadas a riego de productos agrícolas que se consumen en forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistema de riego que provocan el mojado del producto.</p>						
<p>Clase 2 b Aguas destinadas a recreación de contacto directo con el cuerpo humano.</p>						
<p>Clase 3 Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y otros integrantes de la flora y de la fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.</p>						
<p>Clase 4 Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas o suburbanas que deban mantener una armonía con el medio, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyos productos no son destinados al consumo humano en ninguna forma.</p>						
Parámetro	Unidad	Clase 1	Clase 2a	Clase 2b	Clase 3	Clase 4
Oxígeno disuelto	mg/l	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 2,5
Coliformes fecales	CF/100 ml	≤ 2000	≤ 2000	≤ 1000	≤ 2000	≤ 5000
pH		6,5-8,5	6,5-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0
DBO ⁵ ₂₀	mg/l	≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 15
Nitratos	mg/l	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	
Fósforo total	mg/l	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	
Turbidez	NTU	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 100
Sólidos suspendidos totales	mg/l		≤ 700	≤ 700		
Cadmio	mg/l	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,01
Cobre	mg/l	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 1
Cromo total	mg/l		≤ 0,005	≤ 0,05	≤ 0,005	≤ 0,5
Mercurio	mg/l		≤ 0,0002	≤ 0,0002	≤ 0,0002	≤ 0,0002
Níquel	mg/l		≤ 0,002	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,2
Plomo	mg/l		≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,05
Zinc	mg/l		≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,3

Las aguas superficiales limpias normalmente contienen entre 7 y 14 mg/l, pero la demanda de oxígeno de los desechos orgánicos puede consumirlo rápidamente. Concentraciones inferiores a los 5 mg/l pueden afectar adversamente a las comunidades biológicas. Si se alcanzan niveles muy reducidos se puede llegar a condiciones anaerobias, particularmente cerca de la interfase agua-sedimento (Chapman y Kimstach 1992).

Las concentraciones de oxígeno más bajas fueron registradas en el río San Luis y arroyo San Miguel. En San Luis se registraron valores medianos inferiores o muy próximos a 5 mg/l, mientras que en San Miguel se registraron valores en el rango de 6 a 8 mg/l en todos los períodos considerados. Estos valores de oxígeno disuelto corresponden a aguas Clase 1 (Figura 3).

El resto de los ambientes presentaron valores medianos comprendidos entre 7.12 y 10.45 mg/l en todos los períodos. Sin embargo, todas las estaciones seleccionadas, excepto la de laguna Negra, registraron valores inferiores a 2 mg/l durante el período julio-diciembre de 1998. En la parte alta del canal N°2 se registraron los valores extremos, tanto el máximo de 11.60 mg/l (en julio de 1997), como el mínimo de 0.87 mg/l (en diciembre de 1998) (Figura 3).

Las concentraciones de oxígeno en el arroyo Rocha fueron en todos los casos superiores a 5 mg/l, y por lo general cercanas a 10 mg/l, no registrándose déficit de oxígeno en ninguno de los meses relevados (Figura 4).

Son varios los factores que determinan el contenido de oxígeno en el agua. El movimiento favorece la oxigenación ya que promueve el intercambio de gases con la atmósfera. Por otro lado las altas temperaturas, entre otros factores, hacen disminuir la solubilidad del oxígeno. Durante los meses cálidos, cuando los caudales son bajos, el agua tiene poco movimiento y las temperaturas son elevadas, el contenido de oxígeno disuelto puede disminuir. En muchos casos, los bajos valores mencionados en este trabajo coinciden con altas temperaturas del agua.

La laguna Negra fue el ambiente que registró los valores más elevados. Esto puede deberse a que, dada la amplitud de su espejo de agua (174 km²), el efecto del viento adquiere gran importancia en el intercambio gaseoso. Por otra parte, por tratarse de un ambiente de escasa profundidad con relación a su superficie (máximo 2.1 m), los vientos producen casi constantemente la mezcla de toda la columna de agua, evitando aún en los períodos de mayor temperatura y actividad microbiana, el déficit de oxígeno en las zonas más profundas.

Valores de oxígeno inferiores a 2 mg/l como los registrados en el período julio-diciembre de 1998, producen por lo general la mortandad de organismos acuáticos. En los primeros días de marzo de 2001 se registró una mortandad masiva de peces en el arroyo Quebracho, próximo a su desembocadura en el canal N°2. Este fenómeno fue oportunamente denunciado por pobladores locales y difundido por programas radiales de la Emisora Regional de Lascano. Las causas se desconocen, pero podría ser ocasionado, entre otros motivos, por déficit de oxígeno tal como el que se registró en 1998 en el canal N°2. Otras posibles causas serían, la presencia de sustancias tóxicas provenientes de las actividades agrícolas de la zona, o la floración de algas tóxicas.

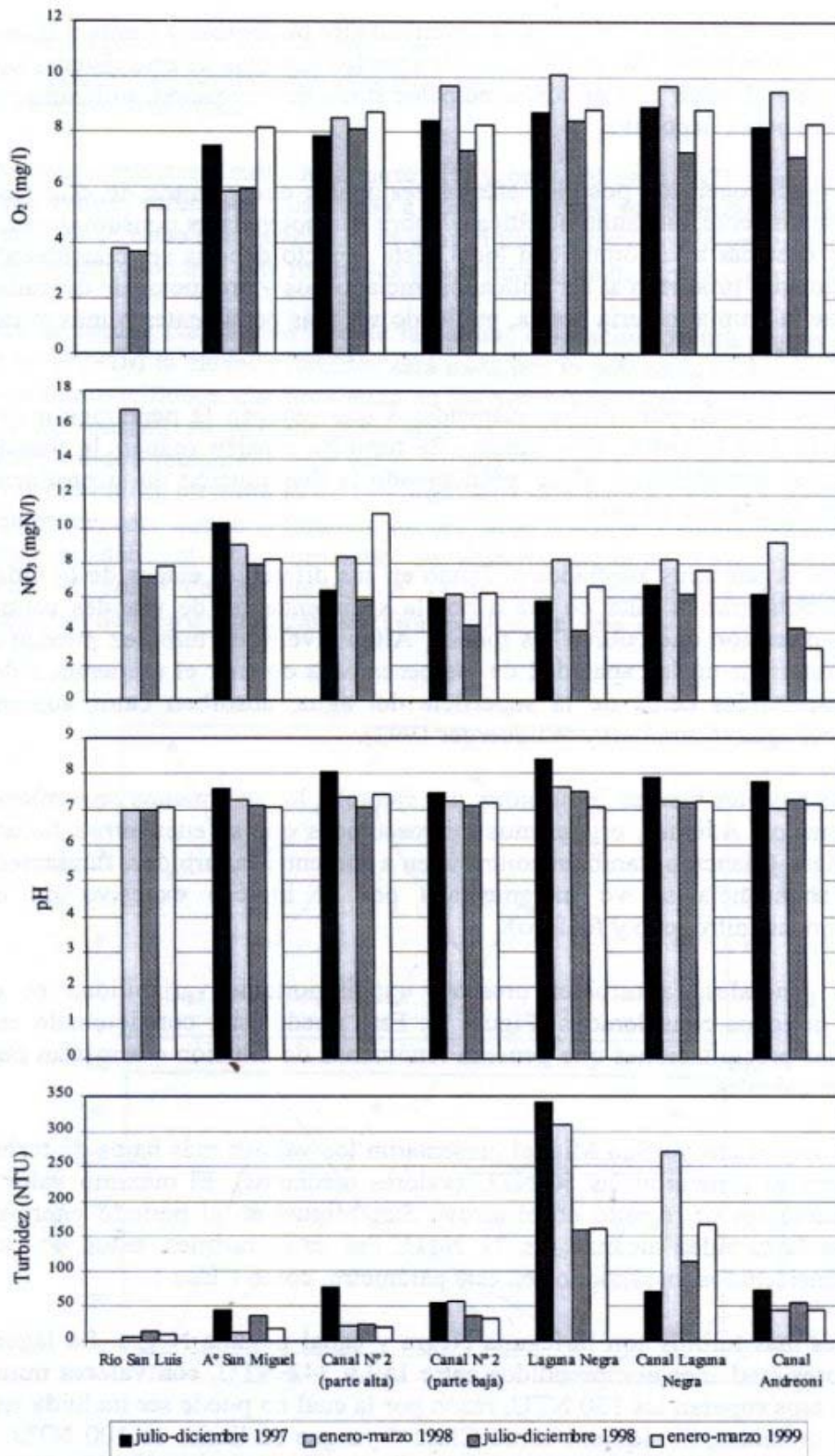


Figura 3. Evolución del oxígeno disuelto (O_2), turbidez, nitrato (NO_3) y pH en la cuenca de la laguna Merín y sistema de drenaje del canal Andreoni.

Ante las evidentes repercusiones sobre las comunidades biológicas y frente a la inexistencia de medidas oficiales para tratar el tema, localmente los usuarios de este sistema optaron por abandonar temporalmente uno de los principales sitios de recreación, utilizado como zona de baños y para pesca deportiva.

También se desconocen los posibles efectos residuales que eventos de este tipo pueden tener sobre el ambiente, su fauna acuática y sobre sus potenciales consumidores, entre los que debemos destacar a la comunidad local. Este aspecto debería ser considerado ya que algunos plaguicidas producen al ser aplicados, metabolitos y productos de degradación más peligrosos que la propia materia activa, pudiendo ser más persistentes o más tóxicos (Díaz Alvarez *et al.* 1989).

La **turbidez** es causada por sólidos suspendidos que reducen la penetración de la luz a través del agua. Por lo tanto, altos valores de turbidez pueden reducir la fotosíntesis de plantas acuáticas sumergidas y algas, produciendo la disminución de la productividad de todo el sistema (McNeely 1979).

Muchos de los organismos asociados al fondo en sus diferentes etapas de la vida, pueden verse perjudicados por la falta de luz o por la sedimentación de grandes cantidades de material en suspensión que cubren los fondos. Altos niveles de turbidez pueden dañar las branquias o interferir en la capacidad de los peces para obtener el alimento. Además, las partículas suspendidas cerca de la superficie del agua, absorben calor aumentando la temperatura del agua (Campbell y Wildberger 1992).

Existen varias posibles fuentes de turbidez, por ejemplo, los sedimentos provenientes de los suelos erosionados. Además, organismos microscópicos que se encuentran flotando en la columna de agua (plancton) también contribuyen a aumentar la turbidez, fundamentalmente cuando su abundancia se ve incrementada por el ingreso excesivo de nutrientes (fundamentalmente nitrógeno y fósforo).

En términos generales, la turbidez presentó una importante variabilidad en todas las estaciones y períodos considerados (Figura 3). Esto puede estar condicionado entre otros factores por las precipitaciones que generan fenómenos de dilución o arrastran material de los suelos circundantes.

El río San Luis y el arroyo San Miguel presentaron los valores más bajos de turbidez, que en ningún período superaron las 50 NTU (valores medianos). El máximo valor absoluto para estos ambientes se registró en el arroyo San Miguel en el período enero-marzo de 1998, cuando la turbidez alcanzó las 71 NTU. Por estas razones, estos dos ambientes pueden ser considerados, basándonos en este parámetro, como Clase 1.

Los ambientes más turbios son la laguna Negra y canal Laguna Negra. La laguna Negra presentó valores medianos comprendidos entre 159 y 342 NTU, con valores mínimos que en todos los casos superan las 130 NTU, razón por la cual no puede ser incluida en ninguna de las clases definidas, ni siquiera como Clase 4 ya que su límite es 100 NTU. El canal Laguna Negra, si bien por lo general presentó menor turbidez, sus valores también exceden, en la mayoría de los casos el límite de la Clase 4. Esta categoría tiene restringidos una serie

de usos tales como el abastecimiento de agua potable y riego de algunos productos agrícolas. Tampoco puede ser utilizada para actividades de recreación que contemplen el contacto directo con el agua.

Las estaciones correspondientes a la parte alta y baja del canal N°2 y al canal Andreoni, presentaron valores inferiores o cercanos a 50 NTU, límite superior de las Clases 1 a 3. Si bien la turbidez en estas tres estaciones es muy similar, existe por lo general un aumento en el canal Andreoni dado que éste recibe las aguas turbias de la laguna Negra.

El nombre de laguna Negra proviene de la natural coloración oscura de sus aguas. Según Pintos *et al.* (1991b) la elevada turbidez está dada por la presencia de partículas de turba y sedimentos limo-arcillosos, que provienen de los humedales circundantes y de los suelos de la cuenca que poseen un porcentaje de materia orgánica muy elevado. Los valores de sólidos suspendidos registrados por estos autores fueron en promedio 350 mg/l, con un máximo de 750 mg/l y un mínimo de 170 mg/l. Esta afirmación se ve respaldada por Muzio (1995), quien expresa que la coloración oscura en el caso del sistema del canal Andreoni, en general, se debe al alto contenido de materia orgánica. Otro factor que podría condicionar el color de las aguas de la laguna Negra es la presencia de altas concentraciones de hierro y manganeso (Gorfain J. com. pers.).

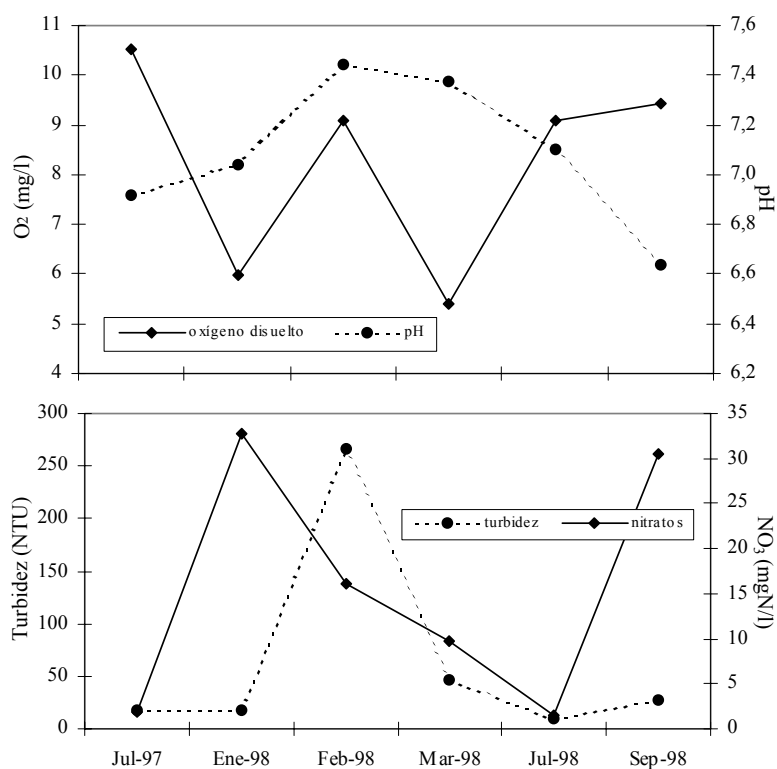


Figura 4. Evolución del oxígeno disuelto (O₂), turbidez, nitrato (NO₃) y pH en el arroyo Rocha

En el arroyo Rocha la turbidez mostró una alta variabilidad con un rango de 9 a 266 NTU (Figura 4). La turbidez puede variar rápidamente por acción de las lluvias y esta puede ser una de las explicaciones para el registro de cambios tan evidentes. Sobre todo teniendo en cuenta que en la cuenca de este arroyo, se ha constatado una fuerte incidencia de procesos erosivos. El sobrepastoreo ha producido grandes zanjas (cárcavas) en las cabeceras de muchas cañadas. Como consecuencia, gran cantidad de material del suelo (arcilla, limo, arena y materia orgánica) es transportado hasta la laguna de Rocha donde se deposita (Montaña y Bossi 1997).

En los últimos años además, se ha comprobado una reducción significativa del área ocupada por bosques ribereños (Pintos *et al.* 1991a, Arocena *et al.* 1996). En la actualidad la creciente actividad forestal que se desarrolla en su cuenca, en especial en las zonas altas de la misma, contribuye a reducir aún más la cobertura vegetal natural en las sierras y promueve la erosión de los suelos.

La adición de fósforo, nitrógeno y otros nutrientes a los cuerpos de agua produce el aumento en la abundancia de los productores primarios y por lo tanto de la productividad general del sistema. Las algas y plantas acuáticas, utilizan el nitrógeno y el fósforo de forma muy eficiente.

El nitrógeno inorgánico puede encontrarse bajo forma de **nitrato** (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+) y nitrógeno molecular (N_2). Las plantas asimilan formas inorgánicas como nitrato y amonio. Las aguas naturales, en general, contienen nitratos en solución y cantidades variables de compuestos más complejos o menos oxidados (amonio y nitrito), sobre todo aquellos cuerpos de agua que reciben desechos cloacales. La presencia de altos niveles de nitratos en el agua, puede deberse a aportes externos provenientes de diversas fuentes de contaminación.

Tanto el nitrógeno como el fósforo pueden llegar a los ambientes acuáticos por efluentes de aguas servidas o desechos de las actividades de cría de animales, el uso de fertilizantes, los efluentes industriales o el uso doméstico de detergentes.

El aporte excesivo de estos compuestos genera procesos de eutrofización. Estos procesos se manifiestan generalmente a través de una intensa proliferación y acumulación de microalgas y plantas, lo que provoca una disminución de la transparencia y cambios en la coloración del agua, así como la disminución de la concentración de oxígeno en el sedimento y la generación de malos olores producto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica (Ryding y Rast 1990). En algunos ambientes de aguas empozadas del departamento es común observar floraciones de algas que cubren la superficie del agua. Tal es el caso del embalse de India Muerta, que evidencia un avanzado estado de eutrofización de sus aguas.

El fósforo a diferencia del nitrógeno es relativamente inmóvil una vez que llega al suelo, dado que los compuestos nitrogenados son más solubles. Por lo tanto los nitratos son transportados por el agua más fácilmente que los fosfatos.

La fertilización de los campos de cultivo tiene importantes efectos fundamentalmente sobre la carga de nitrógeno. Las actividades agrícolas, debido a la eliminación de la cobertura vegetal natural, producen generalmente pérdida de los compuestos nitrogenados más solubles. Por esta razón los agricultores se ven obligados a agregar fertilizantes nitrogenados a la tierra. Lógicamente, parte de estos fertilizantes son lavados por las lluvias y contribuyen con la contaminación de los ecosistemas acuáticos más próximos.

El decreto N°253/979 establece, para los nitratos, el valor de 10 mg/l, como límite superior de las Clases 1 a 3, valor que representa algún riesgo para la salud. Aguas con más de 5 mg/l en general representan una evidencia de polución por desechos animales o humanos o por escurrimiento de fertilizantes (Chapman y Kimstach 1992).

Todos los ambientes excepto la laguna Negra presentaron valores absolutos superiores a 10 mg/l, que en muchos casos duplicaron y hasta triplican el límite mencionado. En general, la laguna Negra y el canal Andreoni presentaron los valores medianos más bajos, mientras que los más elevados fueron 17 mg/l en el río San Luis (enero-marzo 1998), 10.85 mg/l en el canal N°2 (enero-marzo 1999) y 10 mg/l en el arroyo San Miguel (julio-diciembre 1997). El resto de los valores medianos fueron inferiores a 10 mg/l (Figura 3). Las máximas concentraciones absolutas se registraron entre julio y diciembre de 1997 y 1998, período en el que se realiza la fertilización de los suelos para la siembra del arroz.

En el arroyo Rocha las concentraciones de nitrato registradas fueron muy variables, con valores mínimos de 1.9 y 1.5 mg/l en julio de 1997 y 1998 respectivamente. Las restantes cuatro mediciones igualaron o superaron los 10 mg/l con valores extremos de 30 y 33 mg/l en enero y setiembre de 1998 (Figura 4). Estos altos valores de nitrato registrados aguas abajo de la ciudad de Rocha, demuestran los efectos de la contaminación orgánica de este centro urbano sobre el arroyo Rocha, tal como lo afirmaran Pintos *et al.* (1991a).

Existe una variación temporal y espacial en el comportamiento de algunos de los parámetros considerados, como es el caso del contenido de nitratos. El aumento de las concentraciones de este compuesto durante los meses de primavera estaría relacionado al cultivo de arroz, actividad productiva dominante en la zona. En el caso del arroyo Rocha, este aumento podría ser provocado por el aporte en determinados períodos (seguramente en eventos de lluvia), de materia orgánica proveniente de las aguas cloacales, de alcantarillado, los desechos del Matadero Municipal y los lixiviados del basurero de la ciudad de Rocha. Por estas razones, y con la finalidad de complementar la información referente a la calidad del agua, documentos de esta naturaleza deberían incorporar antecedentes sobre el régimen hidrológico.

Otro compuesto de nitrógeno, como el **amonio** (NH_4^+), no presentó concentraciones muy elevadas, e incluso no fue detectado en varias oportunidades. En general, aguas no poluídas contienen pequeñas cantidades de amonio y compuestos de amonio, que usualmente no superan los 0.1 mg/l (Chapman y Kimstach 1992). Las concentraciones más altas se registraron en el período julio-diciembre de 1997, con valores medianos de 1.70 y 1.85 mg/l para el arroyo San Miguel y laguna Negra respectivamente, y entre 0.50 y 0.85 para el canal N°2 y canal Laguna Negra. Las aguas del arroyo Rocha presentaron un rango de 0.05 a 0.34 mg/l de amonio.

El **pH** de la mayoría de los ambientes acuáticos naturales se encuentra entre 6 y 8.5. Cambios en el pH pueden indicar la presencia de efluentes, en especial cuando se miden de forma conjunta con la conductividad. Es una de las variables más importantes para la determinación de la calidad del agua, ya que controla procesos químicos y biológicos. La mayor parte de los organismos acuáticos normalmente se restringen a una escala estrecha entre 6 y 8.

Este parámetro presentó una escasa variación temporal y espacial, con valores medianos comprendidos entre 6.97 y 8.40 (pH neutro a levemente alcalino). Excepcionalmente se registraron, en el río San Luis y canal Laguna Negra, valores absolutos de 6.36 y 9.00 respectivamente (Figura 3). En el arroyo Rocha el pH presentó escasa variación temporal con valores comprendidos entre 6.64 y 7.44 (Figura 4). En términos generales, basándonos en los valores de pH, todos los ambientes pueden ser clasificados en cualquiera de las clases (Clase 1 a 4).

En agua dulce el **cloruro (Cl)** no es un ion dominante y en general los mayores valores se reportan para lagos con aportes oceánicos o sistemas poluidos por desechos industriales (Arocena y Conde 1999). En las aguas oceánicas, los cloruros son los iones más importantes. Concentraciones superiores a 300 mg/l de cloruros producen sabor salado al agua, y contenidos elevados son perjudiciales para las plantas de agua dulce. Por lo tanto, la salinización de los ambientes de agua dulce, produce la pérdida de las condiciones necesarias para la potabilización y el riego, además de generar corrosión.

Los ambientes considerados presentaron valores medianos entre 4.80 y 94.2 mg/l. El máximo valor, que superó los 300 mg/l se registró en la desembocadura del canal Andreoni, en enero de 1999, condicionado seguramente por la entrada de agua salada al canal.

Si bien en este trabajo no se ha relevado información sobre la calidad de las aguas subterráneas, debemos mencionar que algunos acuíferos costeros, han sufrido fenómenos de intrusión salina, por la sobreexplotación de las aguas subterráneas y el descenso de sus niveles normales (Antón 1999). El acuífero Chuy, uno de los más importantes del país, que abastece sectores turísticos de importancia como La Paloma y Chuy, puede ser considerado como un reservorio vulnerable a la entrada de agua salada del mar por sobrebombeo (de los Santos 2001).

La mayor parte de los ambientes de agua dulce presentan una **conductividad (K)** que varía entre 10 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero pueden exceder este límite, especialmente en aguas contaminadas (Chapman y Kimstach 1992). Por tal razón resulta de interés el seguimiento de esta variable. En todos los ambientes la conductividad se mantuvo dentro de este rango de valores, excepto en el canal Andreoni, donde se registraron los máximos valores, con un pico cercano a los 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en enero-marzo de 1999. Este valor coincide con el máximo valor de cloruros y de **salinidad**, que sin duda evidencian la intrusión salina. En enero-marzo de 1998 también se registraron altos valores de conductividad en este ambiente (máximo 872 $\mu\text{S}/\text{cm}$), al igual que en julio-diciembre de 1997 con máximos de 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el canal Andreoni y 1036 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el canal Laguna Negra. Dada la proximidad entre estas dos últimas estaciones de muestreo, dependiendo del caudal de descarga del canal, de las mareas y las condiciones meteorológicas, la influencia marina puede llegar hasta el

canal Laguna Negra e incluso más arriba. La conductividad es sensible a la cantidad de sólidos disueltos en el agua, razón por la cual esta variable y los **sólidos totales disueltos (STD)**, mostraron un comportamiento muy similar.

5. CONSIDERACIONES FINALES

El presente trabajo constituye un acercamiento al tema de la evaluación de la calidad del agua en Rocha, para lo cual se reunió información que nos permitió aproximarnos a un diagnóstico general de la situación de algunos de los ambientes acuáticos del departamento. A partir del análisis realizado, en términos generales, se puede concluir que los ambientes considerados poseen características que permiten una variedad de usos, desde los que requieren las mayores exigencias en la calidad del agua como el abastecimiento para la potabilización o contacto directo a través de actividades de recreación, hasta aquellos más tolerantes, como el riego de alimentos no destinados a consumo humano. A su vez en algunos períodos, se registraron valores que excedieron los límites de las clases menos exigentes en términos de calidad.

Las principales actividades productivas de la región son el cultivo de arroz, el turismo, la ganadería y la forestación. Las obras de canalización y drenaje en los Humedales del Este han alterado extensas áreas de bañado, generando una modificación importante del sistema hidrológico continental y litoral oceánico, y deteriorando la calidad de sus aguas. Esto ha generado conflictos con los usos recreacionales, debido a los efectos notorios sobre las playas de La Coronilla, donde la degradación ambiental ha ocasionado severos perjuicios sobre el desarrollo turístico local, a pesar que el decreto de 25 de enero de 1990 (decreto N°12/990) establece que el área de la costa oceánica del departamento de Rocha debe ser considerada como Reserva Nacional Turística.

Otro uso de interés para los ambientes acuáticos de la zona, que hasta el momento no ha recibido la atención adecuada, lo constituye la conservación de los humedales y su biodiversidad. Los Humedales del Este, parte de los cuales se encuentran en el departamento de Rocha, adquieren importancia global dado que han sido reconocidos como Reserva de Biosfera por el Programa MAB de la UNESCO (1976). Desde 1982, forman parte de la Lista de Humedales de Importancia Internacional para la conservación y uso sustentable de sus recursos naturales, en el contexto de la Convención para los Humedales (Ramsar, 2000). Además, los Humedales del Este se encuentran dentro de un Área de Aves Endémicas definida en 1998 por BirdLife International. Sin embargo, a pesar de la reconocida importancia regional e internacional de estos humedales, dada por una gran diversidad de hábitats y riqueza biológica, los informes disponibles y las inspecciones realizadas permiten afirmar que el área sigue sufriendo importantes modificaciones de sus condiciones naturales (Herzig 1994).

En la actualidad, los sectores altos de las cuencas hidrográficas de la región, cuyos suelos han sido designados de prioridad forestal, están siendo ocupados por plantaciones forestales de especies exóticas (fundamentalmente eucalipto). La reducción acelerada de la cobertura vegetal natural de las zonas altas (bosques serranos, bosques de quebrada y praderas en

general), para dar paso a extensos monocultivos forestales, determina la degradación de las nacientes de casi la totalidad de los ecosistemas acuáticos de la región. Por este motivo, la conservación de una cobertura vegetal natural permanente en estas áreas, adquiere gran importancia para la calidad del agua de toda una región, dado que contribuye a la protección de las zonas de recarga de los acuíferos y los pequeños cursos de agua que son la fuente de alimentación de las cuencas.

Las actividades forestales en sus diferentes etapas, generan grandes extensiones de suelos desprovistos de vegetación, los cuales sufren serios procesos de erosión fundamentalmente en los sectores altos de las cuencas con pendiente pronunciada. Esto genera un aumento de los aportes de sedimentos y contaminantes que son arrastrados por las lluvias hacia los ambientes acuáticos más cercanos, lo que contribuye a la pérdida de la calidad del agua. Por otra parte, la eliminación de la cobertura vegetal fundamentalmente en los tramos altos, transforma a los ríos y arroyos en corrientes con caudales muy fluctuantes, aumentando los riesgos y las magnitudes de las inundaciones.

Gran parte del departamento ha sido y está siendo modificado por el sector agropecuario con programas dirigidos a la obtención de ganancias a corto plazo. Los impactos ambientales, sociales y económicos en el largo plazo no han sido debidamente evaluados. Es sorprendente, que el estudio de impacto ambiental previo al préstamo efectuado en 1986 por el Banco Interamericano de Desarrollo no identificó ningún impacto negativo sobre los recursos naturales renovables como consecuencia de las obras de drenaje (Dugan y Diegues 1988). Dada la amplia variedad de beneficios que brindan los Humedales del Este, las diversas actividades que potencialmente podrían desarrollarse en esta zona, deberían contemplar criterios de sustentabilidad, a través del uso racional de los recursos.

Los sistemas de monitoreo ambiental son un instrumento importante para el seguimiento de las actividades productivas y obras implementadas y para la determinación del impacto de las mismas sobre el ambiente (Liljelund 1995). La incorporación de voluntarios en los programas de monitoreo, promueve el entendimiento público de los problemas ambientales, a partir de una activa participación, el esfuerzo y compromiso de diversos actores de la sociedad. La colecta de datos a largo plazo, por parte de los actores locales, sumada al trabajo de las instituciones involucradas en el tema, permitirá realizar un diagnóstico más detallado y una evaluación de la evolución de la calidad del agua en la región.

En este sentido debemos destacar la existencia de una Red de Monitores de la Calidad del Agua coordinada por PROBIDES, conformada por siete grupos de voluntarios ubicados en las cuencas de laguna Merín y Atlántica, tres de los cuales se encuentran en el departamento de Rocha, dos en Lavalleja y los dos restantes en Treinta y Tres y Cerro Largo (Scasso *et al.* 2001).

Los grupos han elaborado sus respectivos programas de monitoreo basados en criterios de cuencas hidrográficas. Para ello han seleccionado una cuenca o subcuenca próxima a la localidad donde viven, y realizan un relevamiento periódico de estaciones de muestreo preestablecidas, donde analizan la calidad del agua. Las actividades que desarrollan los grupos de monitoreo se centran en el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos, a través de mediciones *in situ* y del procesamiento de muestras de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, A. y C. Sans. 1998. **Proceso evolutivo de los humedales del este uruguayo: situación y perspectivas.** p. 47-52. En: IICA-PROCISUR. Diálogo XLIX. Recuperación y manejo de ecosistemas degradados.
- Antón, D. (coord.). 1999. **Estudio del sistema costero laguna de Rocha-La Paloma-Cabo Polonio. Pautas para el ordenamiento territorial.** Proyecto CONICYT/BID 104/94. Resumen ejecutivo.
- Arocena, R., D. Conde, D. Fabián, J. Gorga y J. Clemente. 1996. **Calidad de agua en la laguna de Rocha: rol de sus principales afluentes.** PROBIDES. (*Documentos de Trabajo; 13*).
- Arocena, R. y D. Conde. 1999. **Métodos en ecología de aguas continentales. Con ejemplos de limnología en Uruguay.** Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. 233 p.
- Campbell, G. and S. Wildberger. 1992. **The monitor's handbook.** LaMotte Company, Chestertown, United States. 71 p.
- Chapman, D. and V. Kimstach. 1992. **The selection of water quality variables.** p 51-119. En: Chapman, D. (ed.). *Water Quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and environmental monitoring.* Chapman & Hall. 585 p.
- Díaz Alvarez, M., S. Garrido y R. Hidalgo. 1989. **Contaminación agraria difusa.** Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Centro de Publicaciones. Madrid. 98 p.
- De los Santos, J. 2001. **Aguas subterráneas en Uruguay.** La República. Suplemento Agua: fuente de vida. 13 de octubre de 2001. Montevideo, Uruguay. p 17.
- Demayo, A. 1992. **Data handling and presentation.** p 467-564. En: Chapman, D. (ed.). *Water Quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and environmental monitoring.* Chapman & Hall. 585 p.
- Dugan, P. y A. Diegues. 1988. **Bañados del Este, Uruguay. Misión Ramsar de Asesoramiento, Uruguay 1988.** Informe N° 5. Gland, Suiza.
- Herzig, M. 1994. **Bañados del Este, Uruguay. Misión Ramsar de Asesoramiento, Uruguay 1993.** Informe N° 32. Gland, Suiza.
- Hidrocampo Ingenieros. 1999. **Regulación Hídrica. Consideraciones técnicas sobre las obras propuestas por vecinos y productores de las zonas: San Luis-Barrancas, San Miguel, margen derecha del Canal N° 2 y La Coronilla, en el marco del Acuerdo para la Regulación Hídrica de la Zona de las Cuencas Bajas de Rocha (Etapa 1).** PROBIDES. (*Documentos de Trabajo; 18*).
- Lercari, D. and O. Defeo. 1999. **Effects of freshwater discharges in Sandy Beach Populations: The Mole Crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 49: 457-468.
- Liljelund, L.E. 1995. **The strategic role of monitoring.** Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 11 p.
- McNeely, R. N., Neimanis, V. P. and L. Dwyer. 1979. **Water Quality Sourcebook. A guide to water quality parameters.** Inland Waters Directorate, Water Quality Branch. Canadá.
- Meybeck, M. and R. Helmer. 1992. **An introduction to water quality.** p 1-17. En: Chapman, D. (ed.). *Water Quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and environmental monitoring.* Chapman & Hall. 585 p.

- Meybeck, M., V. Kimstach and R. Helmer. 1992. **Strategies for water quality assessment**. p 19-50. En: Chapman, D. (ed.). *Water Quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and environmental monitoring*. Chapman & Hall. 585 p.
- Montaña, J. y J. Bossi. 1997. **Dinámica de las barras costeras de las lagunas Garzón y Rocha**. Facultad de Agronomía - AECE - PROBIDES. Montevideo. 35 p.
- Muzio, J. 1995. **La larga historia del canal Andreoni**. Bañados del Este, PROBIDES, Rocha, 2 (5): 5.
- OEA, BID, OPP. 1992. **Estudio ambiental nacional. Plan de acción ambiental**. OEA, Washington, Estados Unidos. 328 p.
- Ramsar. 2000. **Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales**. Oficina de la Convención Ramsar, Gland, Suiza. 24 p.
- Pintos, W., D. Conde, R. de León, M. J. Cardezo, A. Jorcín and R. Sommaruga. 1991a. **Some limnological characteristics of Laguna de Rocha**. *Revista Brasileira de Biología*, 51(1):79-84.
- Pintos, W., D. Conde, R. Sommaruga y R. de León. 1991b. **Características limnológicas de las lagunas de Rocha y Negra**. L 91/01/II. Sección Limnología- FHC (UdelaR), Montevideo-Uruguay, 29 p.
- Probides. 1999. **Plan Director de la Reserva de Biosfera Bañados del Este (Uruguay)**. PROBIDES, Rocha.
- Ryding, S-O. y W. Rast. 1990. **El control de la eutroficación en lagos y pantanos**. Ediciones Pirámide, Madrid. 375 p.
- Scasso, F., S. Bazzani y F. Forni. 2001. **Monitoreo ambiental participativo en los Humedales del Este**. Informe Interno, PROBIDES, Rocha, Uruguay. 14 p.

ANEXOS

ANEXO I

Resumen estadístico de los parámetros relevados para la cuenca de laguna Merín y sistema de drenaje del canal Andreoni

Tabla 1. Período julio - diciembre de 1997.

	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	NO ₃ (mg/l)	pH	T (°C)	STD (g/l)	Sal. (mg/l)	K (μS/cm)	Cl- (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
Río San Luis											
Min	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
Máx	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
Med	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
N											
Arroyo San Miguel											
Min	7.47	37.17	3.00	7.55	s.d.	0.07	0.10	108.00	s.d.	0.90	0.00
Máx	7.50	50.36	17.70	7.57	s.d.	0.08	0.10	124.00	s.d.	2.50	0.00
Med	7.49	43.77	10.35	7.56	s.d.	0.075	0.10	116.00	s.d.	1.70	0.00
N	2	2	2	2		2	2	2		2	2
Canal N°2 (parte alta)											
Min	6.98	21.35	3.40	7.37	11.65	0.07	0.09	107.00	s.d.	0.10	0.00
Máx	11.60	200.75	20.20	8.94	22.55	0.25	0.10	144.55	s.d.	2.10	0.10
Med	7.85	77.43	6.40	8.06	18.55	0.085	0.10	126.2	s.d.	0.50	0.10
N	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4
Canal N°2 (parte baja)											
Min	7.75	31.72	3.50	6.91	12.70	0.07	0.10	113.00	s.d.	0.20	0.00
Máx	11.23	215.85	21.00	8.94	20.48	8.94	0.10	253.50	s.d.	2.00	0.10
Med	8.41	55.34	5.95	7.46	18.14	0.11	0.10	170.00	s.d.	0.65	0.00
N	4	4	4	4	4	4	3	4		4	3
Laguna Negra											
Min	8.51	274.80	3.20	8.02	13.06	0.14	0.10	213.00	s.d.	0.20	0.00
Máx	10.89	417.90	8.10	8.95	28.68	0.14	0.19	291.80	s.d.	3.40	0.60
Med	8.70	342.3	5.80	8.40	18.51	0.14	0.10	214.3	s.d.	1.85	0.60
N	4	4	4	4	3	4	3	4		4	3
Canal Laguna Negra											
Min	8.07	26.83	3.40	7.30	13.92	0.14	0.10	217.85	s.d.	0.20	0.00
Máx	10.20	360.45	21.70	9.00	23.62	9.00	0.20	1035.67	s.d.	2.80	0.10
Med	8.92	70.27	6.70	7.90	18.08	0.23	0.10	353.30	s.d.	0.85	0.10
N	4	4	4	4	4	4	3	4		4	3
Canal Andreoni											
Min	7.61	29.90	2.70	7.25	12.43	0.08	0.10	123.40	s.d.	0.20	0.00
Máx	11.60	159.81	29.00	8.90	21.31	8.90	0.40	820.00	s.d.	2.80	0.10
Med	8.21	72.93	6.20	7.77	18.31	0.12	0.10	183.60	s.d.	0.75	0.10
N	4	4	4	4	4	4	3	4		4	3

Referencias:

Min: valor mínimo; Máx: valor máximo; Med: mediana; N: número de determinaciones; s.d.: sin datos.

Tabla 2. Período julio - diciembre de 1998.

	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	NO ₃ (mg/l)	pH	T (°C)	STD (g/l)	Sal. (mg/l)	K (μS/cm)	Cl- (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
Río San Luis											
Min	1.44	4.28	4.00	6.36	14.92	0.07	0.10	101.64	5.20	0.00	0.00
Máx	6.26	41.84	27.00	7.20	21.86	0.13	0.10	205.07	39.10	0.10	0.00
Med	3.68	13.97	7.20	6.97	21.19	0.08	0.10	129.80	10.50	0.10	0.00
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Arroyo San Miguel											
Min	1.61	15.47	5.00	6.91	15.17	0.06	0.00	87.50	3.00	0.00	0.00
Máx	7.13	70.86	20.70	7.15	23.10	0.12	0.10	182.46	20.30	0.10	0.00
Med	5.96	36.65	7.90	7.10	20.98	0.08	0.10	122.00	9.10	0.10	0.00
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Canal N°2 (parte alta)											
Min	0.87	16.09	1.50	6.90	13.36	0.07	0.10	101.93	2.70	0.00	0.00
Máx	8.55	41.26	17.90	7.58	26.86	0.10	0.10	155.77	19.30	0.10	0.00
Med	8.11	23.79	5.90	7.05	21.11	0.08	0.10	127.00	6.30	0.10	0.00
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Canal N°2 (parte baja)											
Min	1.10	15.84	1.50	6.74	13.70	0.06	0.00	88.00	2.80	0.00	0.00
Máx	9.09	50.03	13.80	7.37	23.30	0.15	0.10	226.00	15.60	0.20	0.00
Med	7.34	37.36	4.40	7.09	18.18	0.085	0.10	129.50	4.90	0.10	0.00
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Laguna Negra											
Min	7.57	135.05	3.10	6.57	13.86	0.07	0.10	105.00	6.70	0.10	0.00
Máx	10.85	238.39	9.20	7.81	25.15	0.14	0.10	211.07	15.30	0.20	0.00
Med	8.40	159.00	4.04	7.50	20.55	0.12	0.10	189.30	8.80	0.10	0.00
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Canal Laguna Negra											
Min.	1.10	103.30	1.50	6.94	13.72	0.12	0.10	180.77	9.40	0.00	0.00
Máx	7.97	209.45	28.20	7.44	21.94	0.15	0.10	226.64	25.40	0.20	0.00
Med	7.29	114.90	6.20	7.17	18.26	0.13	0.10	196.80	13.85	0.10	0.00
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Canal Andreoni											
Min	0.96	32.20	1.40	7.04	13.62	0.07	0.10	108.00	3.70	0.00	0.00
Máx	9.32	121.09	27.10	7.48	23.29	0.41	0.30	636.42	76.20	0.30	0.00
Med	7.12	53.90	4.19	7.26	18.36	0.095	0.10	148.40	8.52	0.10	0.00
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Referencias:

Min: valor mínimo; Máx: valor máximo; Med: mediana; N: número de determinaciones; s.d.: sin datos.

Tabla 3. Período enero - marzo de 1998.

	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	NO ₃ (mg/l)	pH	T (°C)	STD (g/l)	Sal. (mg/l)	K (μS/cm)	Cl- (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
Río San Luis											
Min	3.34	4.45	5.20	6.80	19.28	0.10	0.10	148.00	9.60	0.00	0.00
Máx	8.09	9.01	17.00	7.31	29.24	0.11	0.10	173.00	9.60	0.30	0.00
Med	3.81	5.60	16.90	7.00	22.28	0.11	0.10	168.00	9.60	0.10	0.00
N	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
Arroyo San Miguel											
Min	5.72	10.12	4.30	6.99	21.48	0.07	0.10	104.00	4.50	0.00	0.00
Máx	8.98	19.14	14.10	7.33	28.58	0.09	0.10	138.00	5.90	0.30	0.00
Med	5.85	11.80	9.10	7.26	26.57	0.08	0.10	124.00	4.80	0.10	0.00
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Canal N°2 (parte alta)											
Min	7.44	12.46	4.70	6.91	18.82	0.08	0.10	128.00	3.90	0.00	0.00
Máx	9.03	22.95	15.6	7.39	27.48	1.00	0.10	154.00	5.70	0.20	0.00
Med	8.53	21.84	8.40	7.34	26.99	0.09	0.10	132.00	5.60	0.10	0.00
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Canal N°2 (parte baja)											
Min	7.17	49.94	5.50	6.60	17.80	0.11	0.10	164.00	7.30	0.00	0.00
Máx	9.72	82.56	9.80	7.37	25.96	0.11	0.10	173.00	10.10	0.30	0.00
Med	9.70	56.35	6.20	7.23	25.61	0.11	0.10	170.00	8.20	0.10	0.00
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Laguna Negra											
Min	10.02	290.10	7.40	7.02	16.68	0.14	0.10	215.00	8.40	0.10	0.00
Máx	10.45	396.20	9.60	7.76	26.08	0.15	0.10	231.00	16.00	0.10	0.40
Med	10.10	310.10	8.20	7.62	18.21	0.14	0.10	216.00	10.20	0.10	0.10
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Canal Laguna Negra											
Min	8.69	244.50	6.40	6.88	16.76	0.16	0.10	227.00	12.40	0.00	0.00
Máx	10.31	312.90	13.70	7.35	27.70	0.18	0.10	270.00	17.10	0.20	0.00
Med	9.70	270.80	8.20	7.23	27.41	0.18	0.10	254.00	13.70	0.20	0.00
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Canal Andreoni											
Min	7.29	35.03	8.10	6.92	17.33	0.11	0.10	166.00	5.70	0.10	0.00
Máx	9.48	61.92	11.40	7.41	25.78	0.57	0.40	872.00	133.8	0.30	0.00
Med	9.48	45.08	9.20	7.02	22.21	0.48	0.20	651.00	94.20	0.10	0.00
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Referencias:

Min: valor mínimo; Máx: valor máximo; Med: mediana; N: número de determinaciones; s.d.: sin datos.

Tabla 4. Período enero - marzo de 1999.

	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	NO ₃ (mg/l)	pH	T (°C)	STD (g/l)	Sal. (mg/l)	K (µS/cm)	Cl- (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
Río San Luis											
Min	3.60	5.91	1.50	6.73	24.28	0.14	0.10	219.00	29.80	0.00	s.d.
Máx	8.70	17.51	10.07	7.56	26.56	0.16	0.10	254.00	55.40	0.00	s.d.
Med	5.35	10.74	7.80	7.05	25.91	0.15	0.10	232.00	32.00	0.00	s.d.
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Arroyo San Miguel											
Min	6.67	18.40	1.20	6.77	24.18	0.09	0.10	138.00	12.50	0.00	s.d.
Máx	8.70	23.96	10.10	7.72	28.75	0.11	0.10	170.00	22.40	0.00	s.d.
Med	8.17	18.90	8.20	7.07	26.83	0.11	0.10	168.90	15.90	0.00	s.d.
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Canal N°2 (parte alta)											
Min	6.92	11.53	1.10	7.01	23.67	0.09	0.10	143.00	11.60	0.00	s.d.
Máx	9.40	31.76	12.03	7.82	26.85	0.12	0.10	181.00	18.90	0.00	s.d.
Med	8.70	19.94	10.85	7.43	25.91	0.11	0.10	167.50	13.00	0.00	s.d.
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Canal N°2 (parte baja)											
Min	8.10	17.76	1.10	7.05	22.77	0.12	0.10	183.00	21.20	0.00	s.d.
Máx	8.70	80.43	8.05	7.29	26.14	0.21	0.20	328.00	29.00	0.00	s.d.
Med	8.25	31.88	6.30	7.20	25.42	0.14	0.10	215.00	26.40	0.00	s.d.
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Laguna Negra											
Min	8.70	153.90	2.30	7.02	25.28	0.14	0.10	216.00	19.70	0.00	s.d.
Máx	9.12	162.30	9.06	7.20	26.57	0.14	0.10	222.00	37.60	0.00	s.d.
Med	8.81	160.80	6.62	7.06	25.41	0.14	0.10	220.00	23.50	0.00	s.d.
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Canal Laguna Negra											
Min	8.70	159.30	2.50	7.09	25.25	0.15	0.10	227.00	20.50	0.00	s.d.
Máx	9.06	181.60	8.00	7.38	27.62	0.16	0.10	244.00	37.00	0.00	s.d.
Med	8.81	166.30	7.63	7.21	26.16	0.15	0.10	232.00	28.40	0.00	s.d.
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Canal Andreoni											
Min	8.10	35.20	1.10	7.10	25.12	0.13	0.10	192.00	21.00	0.00	s.d.
Máx	8.70	84.84	7.91	7.24	27.20	1.04	8.00	1597.00	311.20	0.00	s.d.
Med	8.31	44.64	3.05	7.15	25.54	0.14	0.10	220.00	26.00	0.00	s.d.
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Referencias:

Min: valor mínimo; Máx: valor máximo; Med: mediana; N: número de determinaciones; s.d.: sin datos.

ANEXO II

Resumen estadístico de los parámetros relevados en el arroyo Rocha

Tabla 1. Datos registrados en la estación de muestreo ubicada en el arroyo Rocha

	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	NO ₃ (mg/l)	pH	T (°C)	STD (g/l)	Sal. (mg/l)	K (μS/cm)	Cl- (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
julio 1997	10.53	17.68	1.94	6.92	10.14	0.11	0.08	169.25	s.d.	0.13	0.00
enero 1998	5.97	16.99	32.58	7.04	23.63	0.14	0.10	210.00	s.d.	0.34	0.00
febrero 1998	9.08	266.47	16.12	7.44	27.22	0.15	0.11	225.89	s.d.	0.21	0.00
marzo 1998	5.41	47.10	9.74	7.38	16.87	0.16	0.12	242.00	s.d.	0.03	0.00
julio 1998	9.10	9.37	1.49	7.10	13.93	0.11	0.08	175.64	s.d.	0.05	0.00
setiembre 1998	9.42	28.03	30.43	6.64	23.89	0.15	0.11	226.76	s.d.	0.13	0.00