

CAPITULO 6

Estudio de la calidad de aguas superficiales en los arroyos afluentes al Río de La Plata y aportes a la Red Hidrometeorológica. Conservación de humedales urbanos como reservorios ambientales

Coordinadores: Carina D. Apartin, Darío Andrinolo

Integrantes: Lucila Elordi, María Sol Martorell, Leonardo Cano, Karina Balbi, Valeria Taborda, Melina Crettaz-Minaglia, Alicia E. Ronco

Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA) y Programa Ambiental de Extensión Universitaria (PAEU)

Agradecemos la colaboración de la Dra. Ana Fagui (Universidad Nacional de Flores, UBA), la Dra. María Semmartín (UBA), la Lic. en Botánica Matilde Zúcaro y al Lic. Raúl Marcos Panettieri de la Dirección de Promoción y Defensa del Medio Ambiente de la Municipalidad de Ensenada por sus aportes al plan de manejo de la Laguna de los Patos.

Índice

6.1.- Introducción

6.1.1.- Características de las aguas naturales e indicadores de contaminación.

6.1.2.- Antecedentes de la calidad de cuerpos de agua de la región

6.1.3.- Eventos de inundación y su incidencia en la contaminación de cuerpos de agua superficiales. Situación en la ciudad de La Plata.

6.2.- Metodología

6.2.1.- Diseño del monitoreo de los cursos de agua

6.2.2.- Toma, preservación y procesamiento de muestras

6.2.3.- Determinaciones analíticas

6.2.4.- Aplicación de Índices de calidad

6.3.- Resultados

6.3.1.- Arroyo Maldonado

6.3.1.1.- Distribución temporal y espacial de los parámetros físicoquímicos *in situ*

6.3.1.2.- Distribución temporal y espacial de los parámetros químicos y microbiológicos

6.3.2.- Arroyo del Gato

6.3.2.1.- Distribución temporal y espacial de los parámetros físicoquímicos *in situ*

6.3.2.2.- Distribución temporal y espacial de los parámetros químicos y microbiológicos

6.3.2.3.- Índice de Calidad de Aguas (WQI)

6.3.2.4.- Dinámica del arroyo- impacto de las precipitaciones sobre la calidad del agua

6.3.3.- Laguna de Los Patos

6.4.- Consideraciones generales

6.5.- Conclusiones y recomendaciones

6.6.- Bibliografía

Anexo 6.A- "Estudio de calidad de aguas del Arroyo Maldonado, Partido de La Plata - Incidencia de la contaminación en eventos de inundación"- Trabajo Final de la estudiante María Sol Martorell de la carrera Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas, UNLP

6.1.- Introducción

6.1.1.- Características de las aguas naturales e indicadores de contaminación.

Existe una gran variabilidad en la composición de las aguas naturales debido a su origen, el terreno que se encuentre o atraviese, época del año, variables meteorológicas como la presión y la temperatura, etc. Además de las especies en solución, las aguas naturales contienen especies en estado coloidal como arenas, arcillas, macromoléculas orgánicas, algas, bacterias, virus, etc. (Orozco Barrenetxea et al., 2003). La mayoría de las reacciones químicas importantes que ocurren en el agua, particularmente las que involucran materia orgánica y los procesos de oxidación-reducción, son llevadas a cabo por microorganismos generando depósitos minerales, así como también juegan un papel importante en el tratamiento de desechos (Manahan, 2007).

La estratificación térmica de los reservorios de agua da lugar a la diferenciación en la concentración de oxígeno que, debido a procesos de oxidación-reducción, influyen en la composición química y biológica de las aguas. Generalmente, el epilimnion contiene una alta concentración de especies químicas oxidadas, como el dióxido de carbono y el bicarbonato, nitratos y sulfatos. El hipolimnion tiende a estar compuesto por especies reducidas como metano, amonio y sulfuro (Manahan, 2007).

Teniendo en cuenta la composición de las aguas naturales, Naciones Unidas define en el año 1961 "un agua está contaminada cuando se ve alterada en su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural" (Orozco Barrenetxea et al., 2003). La contaminación del agua puede provenir de distintas fuentes, ya sean puntuales como las descargas industriales, o de fuentes difusas por escorrentía, tanto urbana como rural, como también a través de depositación atmosférica (Hill, 2010).

Existe una variedad muy grande de posibles agentes contaminantes, e intentar medirlos a todos es un trabajo extremadamente complejo, por lo que se ha optado para este trabajo en definir una serie de *parámetros generales* indicadores de contaminación, y por lo tanto de la calidad de agua, que se pueden clasificar en parámetros físicos, químicos (orgánicos e inorgánicos), microbiológicos y Biodiversidad (APHA, 1998; Rodier et al., 1998; Orozco Barrenetxea et al., 2003).

Parámetros Físicos:

Temperatura: Es una variable física que influye notablemente en la calidad del agua modificando parámetros que hacen a la salud del sistema. El incremento puede ocurrir por irradiación o ser indicador del vuelco de efluentes líquidos con temperaturas diferentes a las del cuerpo receptor.

Sólidos: Se pueden encontrar sólidos en suspensión, coloidales, disueltos y sedimentables. Una alta concentración de sólidos en suspensión reduce la penetración de la luz disminuyendo la capacidad de fotosíntesis de las algas, afectando su crecimiento y alterando las comunidades biológicas acuáticas (CENTA, 2006).

Conductividad: Es una medida de la presencia de sólidos disueltos. Es un parámetro sencillo de determinar y nos da cuenta de la dinámica del recurso respecto a la cantidad de precipitaciones ocurridas.

Parámetros Químicos:

Componentes Orgánicos: Pueden ser de origen vegetal o animal, aunque los cuerpos de agua pueden contener compuestos orgánicos sintéticos por la existencia de vuelcos de aguas residuales urbanas o industriales. Los principales componentes son las proteínas, hidratos de carbono y lípidos (Orozco, 2005), además de las sustancias húmicas (Martin, 2011).

Compuestos Inorgánicos:

- Oxígeno Disuelto: es un indicador importante de la calidad del agua, ya que es un elemento indispensable para el desarrollo de la vida acuática. Su solubilidad en agua es limitada, y depende de la presión parcial del oxígeno en la atmósfera y principalmente de la temperatura. Para que un agua se considere poco contaminada la concentración de oxígeno debe ser al menos superior al 50% del valor de saturación a esa presión y temperatura. Este parámetro está íntimamente relacionada con la cantidad de materia orgánica presente (*Orozco Barrenetxea et al., 2003*).
- pH: La medición de este parámetro es una de las más importantes y frecuentes en la química del agua, es un indicador de calidad tanto de las aguas residuales como de las naturales. El intervalo de pH en los cuerpos de agua naturales generalmente es de 4-9, y la mayoría tienen ligero carácter básico debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos (*APHA, 1998*).
- Alcalinidad: Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. La alcalinidad de las aguas naturales se debe principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos y bases fuertes. (*Sawyer et al., 2001*).
- Dureza: La dureza es causada por cationes metálicos polivalentes, los que pueden reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar sarro. Los principales cationes causantes de dureza son los iones bivalentes de calcio y magnesio. En general, las aguas duras se originan en áreas donde la capa superior del suelo es gruesa y contiene formaciones de piedra caliza, y los valores de dureza se encuentran en el intervalo de 150-300 mgCaCO₃/L (*Sawyer et al., 2001*).
- Nitrógeno: Las fuentes de la contaminación nitrogenada de las aguas superficiales son muy variadas, de origen natural o antrópico. Los compuestos orgánicos de nitrógeno están presentes en los desechos domésticos y agrícolas, y los inorgánicos se encuentran en ciertos desechos industriales y fertilizantes agrícolas. El amoníaco es el producto característico de la materia orgánica presente y se puede oxidar a nitritos y nitratos por la acción de microorganismos degradadores, procesos que ocurren naturalmente en el agua y contribuyen a la autodepuración de la misma. Las altas concentraciones de compuestos sin embargo son causa de preocupación, y son en general consecuencia de las actividades humanas. El amonio tiende a ser oxidado a nitratos en el proceso de nitrificación aun cuando los niveles de oxígeno disuelto son de 1 mgO₂/L. En consecuencia, este proceso biogeoquímico natural colabora con el incremento de los niveles de nitratos en los ecosistemas de agua dulce y marinos (*Madigan et al., 2004; Camargo et al., 2005*). Elevadas concentraciones de nitratos, además de contribuir a la eutrofización de las aguas, originan un problema de salud en niños conocida como metahemoglobinemia o "síndrome del bebé azul", que puede ser fatal, principalmente cuando ocurre en el agua subterránea que se utiliza como fuente de consumo (*Winkler, 1995*).
- Fósforo: Las fuentes principales de compuestos de fósforo en el agua son de los residuos humanos y animales, y de aguas residuales procedentes de industrias que procesan materiales biológicos. Los detergentes y fertilizantes contribuyen al contenido de fósforo en el agua. En solución acuosa, los compuestos de fósforo se encuentran principalmente como fosfatos solubles o asociados al material en suspensión (*Winkler, 1995*).

Parámetros Microbiológicos

Los microorganismos más importantes que podemos encontrar en las aguas son las bacterias, virus, y algas. La contaminación de tipo bacteriológico es debida principalmente a los desechos humanos y animales, existiendo entre ellos microorganismos patógenos causantes de muchas enfermedades y epidemias. Se utilizan organismos indicadores como base para determinar el tipo de contaminación, siendo los más utilizados las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal, entre ellos se encuentran las bacterias coliformes totales y

fecales (*Orozco Barrenetxea et al., 2003*). Estas bacterias no suelen sobrevivir en el medio acuático ya que están sometidas a un estrés fisiológico y mueren a las pocas horas, por lo que su concentración en el agua puede disminuir por dilución y por distanciamiento de la fuente donde se generan. Por ello, su presencia demuestra una contaminación "reciente" con excretas humanas y/o animales (*Prescott et al., 2004; Pulido et al., 2005*).

- Bacterias Coliformes Totales: pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*. Su capacidad de supervivencia en el medio depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. La presencia de coliformes en el agua indica la contaminación bacteriana reciente en cuerpos de agua (*Fernandez et al., 2001*).
- Bacterias Coliformes Fecales: Estos son solo de origen intestinal y se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. (*Prescott et al., 2004*). Estas bacterias son de interés clínico ya que puede ser capaces de generar infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior e inferior, además de infecciones de piel y tejidos blandos, enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades severas (*Moore et al., 2002*).

Biodiversidad

Para poder evaluar los efectos de la contaminación sobre un ecosistema acuático, es necesario tener en cuenta la diversidad biológica ya que ésta se encuentra directamente afectada por los impactos de la contaminación. Los cambios que sufren los organismos en cuanto a su abundancia, ciclos de vida, modificaciones en las relaciones con otros organismos y pérdida de hábitat pueden ser medidos y el estado de los mismos nos permite evaluar la calidad ambiental. Dentro de los grupos biológicos más utilizados como indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos están el fitoplancton y los ensambles de macroinvertebrados, en especial los macroinvertebrados bentónicos y, en menor proporción, los asociados a la vegetación acuática (*Rodríguez-Capítulo, 1999; Rodríguez-Capítulo et al., 2001; Segnini, S. 2003; Prat et al., 2009; Peluso et al., 2013*).

6.1.2.- Antecedentes de la calidad de cuerpos de agua de la región

Los cursos de agua de la Provincia de Buenos Aires, afluentes del Río de la Plata, son algunos de los más contaminados del país. Dentro de ellos se encuentran los ríos Lujan- Reconquista y Matanza-Riachuelo, y los arroyos Sarandí, Santo Domingo, las Conchitas y del Gato, entre otros. La elevada contaminación y alteración ambiental que sufren estos cursos de agua se debe en gran medida a la falta de gestión integral de sus cuencas y a la falta de ordenamiento territorial y social en las mismas (*PNUD, 2012*).

Dentro de los arroyos de la región de La Plata, uno de los más importantes es el arroyo del Gato, cuya cuenca abarca una superficie total de aproximadamente 98 km² y el recorrido de su cauce principal es de 15 km, en su mayoría a cielo abierto (*ADA, 2012*). Es el receptor de las descargas de efluentes líquidos industriales y cloacales del sector oeste de las localidades de La Plata y Ensenada, por lo que transporta aguas residuales de la industria papelera, textil, siderúrgica, metalúrgica, además del lixiviado de residuos provenientes de rellenos sanitarios y aportes contaminantes vinculados a la actividad agro-ganadera desarrollada en sus márgenes. Las plantas de tratamiento, las cuales estarían sub-dimensionadas o no operan en las condiciones adecuadas, son poco eficientes para alcanzar los parámetros fisicoquímicos legislados para el vuelco de efluentes líquidos. Asimismo, en las descargas de colectores pluviales probablemente existan vertidos clandestinos de efluentes líquidos cloacales, situación muy probable en los sectores de la cuenca que no cuentan con sistema de red cloacal. Todo lo expuesto ha conducido a que la calidad ambiental de la cuenca se haya deteriorado significativamente,

estando evidenciado en particular por la caracterización físicoquímica, microbiológica y ecotoxicológica de las aguas y sedimentos del lecho del arroyo, donde el mayor grado de afectación se detecta en la cuenca media, sector más antropizado tanto por industrialización como por urbanización (PNUD, 2012).

El constante desarrollo de las ciudades y la ocupación de áreas naturales con fines habitacionales e industriales en detrimento de áreas naturales y de la calidad ambiental, generan constantemente conflictos socioambientales. Estos son de naturaleza multicausal y alertan sobre la necesidad de modificar la racionalidad de su manejo. Así mismo el crecimiento desordenado y sin planificación de las áreas urbanas e industriales producen no solo destrucción de ambientes como humedales y selvas en galería que ofrecen importantes servicios ecosistémicos a la región, sino también contaminación de los recursos hídricos. En esta región de características de zona periurbana y periindustrial, se ubica la Laguna de Los Patos en el municipio de Ensenada, un humedal generado en una excavación artificial que con el transcurso de los años se ha desarrollado en un ecosistema de características propias y potencial de ser conservado.

6.1.3.- Eventos de inundación y su incidencia en la contaminación de cuerpos de agua superficiales. Situación en la ciudad de La Plata.

Si bien estos eventos no suelen provocar brotes masivos de enfermedades infecciosas, en algunas circunstancias aumentan las posibilidades de transmisión. A corto plazo, el aumento de la incidencia de enfermedades que se observa con mayor frecuencia, obedece a la contaminación fecal del agua y los alimentos, lo cual ocasiona mayormente enfermedades entéricas. Los sistemas de abastecimiento de agua potable y los de alcantarillado son especialmente vulnerables frente a una inundación, y su destrucción o la interrupción de los servicios conllevan graves riesgos sanitarios. Las deficiencias en la cantidad y calidad del agua potable y los problemas de eliminación de excretas y otros desechos traen como consecuencia un deterioro de los servicios de saneamiento que contribuye a crear las condiciones favorables para la propagación de enfermedades entéricas y de otro tipo (OPS, 2000).

La propia urbanización junto a sectores productivos asentados en el territorio ha venido y continua generando conflictos por problemas de contaminación de diversa índole, afectando la calidad de aguas, sedimentos, suelos y el aire por múltiples fuentes y tipos de contaminantes, situación agravada en escenarios críticos de inundación. Estudios previos son ejemplo de la complejidad del problema en cuencas superficiales a lo largo de las últimas décadas, que muestran un extremo grado de deterioro, al igual que la franja costera sur aldeaña a los Partidos de Berisso y Ensenada (AA, AGOSBA, ILPLA, SHN, 1997; Catoggio, 1990; Colombo et al., 1990; Ronco et al., 1992, 1993, 2001, 2007, 2008). Adicionalmente, la fragmentación de las cuencas por diversas obras civiles, como por ejemplo el entubamiento, dragado inadecuado, entre otros, aniquila los humedales y transforma los cursos en meros conductos, destruyendo el ecosistema y sus funciones (Hernandez et al., 2003; Dangavs, 2005).

El manejo adecuado y conservación de los humedales permiten amortiguar los desbordes de los arroyos y equilibrar el sistema hídrico. Así mismo existen aspectos vinculados con el desarrollo de la identidad o las identidades locales sociales e históricas vinculadas al ambiente. En este sentido se podrían potenciar a partir de los espacios a trabajar los distintos poblamientos de la región, así como el desarrollo industrial y turístico a modo de utilizar estos espacios en forma integral.

6.2.- Metodología

6.2.1.- Diseño del monitoreo de los cursos de agua

En el marco del proyecto para evaluar la calidad de agua, se realizaron monitoreos de los arroyos del Gato y Maldonado y la Laguna de Los Patos. Se seleccionaron tres sitios en los arroyos, ubicados de manera de cubrir la longitud de la cuenca. Se realizó el monitoreo durante una periodicidad entre 15 a 30 días para observar y establecer la dinámica del curso de agua. El diseño comprendió aspectos metodológicos que implicaron la ubicación geográfica como así también la disponibilidad y

factibilidad del espacio para la toma de muestra (presencia de puentes y accesos a los arroyos).

Arroyo del Gato y Laguna de Los Patos

Se realizaron campañas en tres sectores de su cauce a cielo abierto, cuyas ubicaciones se detallan en la tabla 1 y muestran en las figuras 1 y 2, con frecuencia quincenal a mensual durante:

- la primavera de 2014 (22/09, 14/10, 27/10, 10/11, 01/12)
- el otoño 2015 (13/04, 12/05, 01/06)
- primavera de 2015 (08/09, 28/09, 13/10, 27/10, 09/11, 23/11, 14/12)
- verano y otoño de 2016 (22/02, 07/03, 29/03, 18/04)

Tabla 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo			
Sitio	Lugar	Latitud	Longitud
Calle 143	143 e/ 523 y 524	34°55'40.01"S	58° 0'56.80"O
Calle 3	3 y 514	34°52'54.20"S	57°59'6.14"O
Punta Lara (PL)	Desembocadura del A° en Río de la Plata, cruce con Camino Costanero Almirante Brown	34°50'31.04"S	57°56'5.59"O
Laguna Los Patos	Diagonal 74	34°50'45.53"S	57°57'27.58"O

Paralelamente se realizaron monitoreos en 3 sitios de la Laguna de los Patos durante el verano y otoño de 2016, con el objeto de estudiar la diversidad biológica a partir del estudio del fitoplancton y los ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos y asociados a *Pistia stratiotes* (macrófita flotante conocida con el nombre vulgar de “repollito de agua”)

Arroyo Maldonado

Se realizaron cuatro campañas con frecuencia mensual durante la primavera de 2015(24/08, 28/09, 2/11, 1/12) en tres sectores de su cauce a cielo abierto, cuyas ubicaciones se detallan en la tabla 2 y muestran en la figura 1.

Tabla 2. Localización geográfica de los sitios de muestreo.			
Sitio	Lugar	Latitud	Longitud
M1	19 e/ 77 y 78	34°56'47,11" S	57°56'5,99" O
M2	7 e/93 y 94	34°56'48,74" S	57°54'27,01" O
M3	122 e/ 89 y 90	34°55'47,41" S	57°53'50,43" O

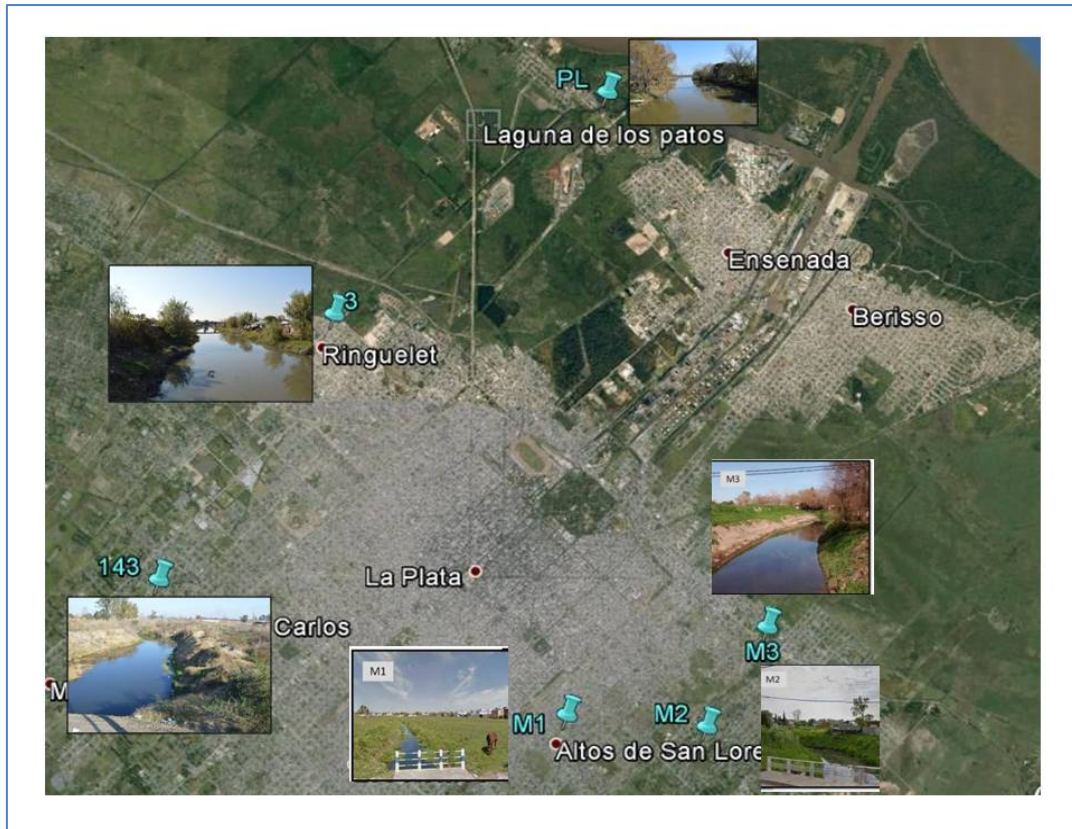


Figura 1- Localización geográfica y características de los sitios

En líneas generales para ambos arroyos, los sitios más cercanos a las nacientes (M1 y 143), a pesar de mostrar una alta urbanización y desarrollo agrario, por lo que son sitios de interés para evaluar la calidad del arroyo, el cual podría estar recibiendo aportes de contaminantes por descargas cloacales clandestinas y agroquímicos por escorrentía superficial, conservan vegetación acuática y cierto grado de transparencia del agua. El sitio de muestro M2 es también una zona muy urbanizada, de alto tránsito vehicular, que además cuenta con la presencia de algunas industrias, considerando además que existen descargas pluviales evidentes (figura 1).

Los sitios M3 y calle 3, tienen características similares a los anteriores en cuanto a urbanización y ausencia de red cloacal, además atraviesan zonas de asentamientos en las planicies de inundación. Interesa conocer la calidad microbiológica del agua y otros aportes de origen cloacal en estos sitios ya que son zonas anegables con alto riesgo de contaminación de la población. Estos sitios presentan evidencia clara de deterioro con material flotante proveniente de degradación de materia orgánica, color grisáceo, pátinas de material oleoso, ausencia de vegetación acuática (figura 1). El sitio PL presenta algunas características similares en cuanto a presencia de asentamientos y paso por zonas rurales e industriales, pero también está influenciado por la marea del Río de La Plata (figura 1).



Figura 2. Localización de la Laguna de Los Patos (círculo rojo) y zona aledaña

La Figura 2 enmarca una amplia zona que actualmente funciona de buffer entre el sector turístico y semirural de Punta Lara y el avance de la zona Industrial. Sobre la costa se encuentra la única zona de la región que podría estar conectando la costa con el sistema de humedales. Entre la costa y la laguna se desarrollan las actividades del Centro Tradicionalista local “La Montonera” y es flanqueado por barrios. Sobre el costado inferior pasa el A° del Gato que divide el área a conservar de la Termoeléctrica y Siderúrgica. Cruza el área diagonal 74, principal ruta de comunicación entre Punta Lara y La Plata. Frente a la laguna camino por medio se encuentra la CEAMSE, que constituirá un pasivo ambiental por décadas. En rojo se enmarca la laguna de Los Patos como centro funcional del área buffer ampliamente utilizada con fines de pesca recreativa, avistaje de aves y recreación. La zona cuenta con un gran potencial como área de recreación, conservación y educación ambiental

6.2.2.-Toma, preservación y procesamiento de muestras

La tarea en campo en los sitios previstos y en todas las fechas de muestreo (salvo campaña dic15 A° Maldonado, sólo se midieron parámetros fisicoquímicos *in situ*) consistió en:

Medición de parámetros fisicoquímicos *in situ*: se registró temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto utilizando un instrumento multiparamétrico (Digital Instruments, marca Lutron y serie WA-2017SD) (figura 3).

Recolección de muestras: con un balde plástico se tomaron las muestras de agua a aproximadamente 0,5 metros de profundidad en todos los sitios (figura 3), para posteriormente determinar en laboratorio parámetros químicos y microbiológicos:

Todo el proceso de manipulación y preservación de muestras siguió la normas internacionales (*USEPA, 2002a; USEPA, 2002b*) y según lo propuesto en metodología estandarizada para aguas (*APHA, 1998*).

Para la toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos, se utilizó la metodología propuesta por *Darrigran et al. 2007* y *Kuhlmann et al. 2012*, se tomaron muestras de fondo con una draga tipo Eckman y para coleccionar *P. stratiotes*, una red de mano. Las colectas fueron almacenadas en frascos plásticos y fijadas con alcohol 96% (*Barbour et al., 1999*)



Figura 3- recolección y determinación de parámetros de calidad de agua *in situ*.

6.2.3.- Determinaciones analíticas

Para la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se utilizaron métodos estandarizados (APHA, AWWA, WPCF, 1998).

Parámetros *in situ*

Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Conductividad: se utilizó instrumental de campo marca Digital Instrument, marca Lutron y serie WA- 2017SD siguiendo procedimientos estandarizados para la medición de estos parámetros (figura 3).

Parámetros de laboratorio:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): método 5210B. Prueba DBO de 5 días.

Alcalinidad: método 2320. Titulación

Dureza: método 2340C. Titulométrico de EDTA

Sólidos Totales (ST): método 2540D. Sólidos Totales secados a 103-105°C

Sólidos Disueltos Totales (SDT): método 2540C. Sólidos Totales Disueltos secados a 103-105°C

Nitratos: método 4500-NO₃E. Reducción de Cadmio

Fósforo Reactivo Soluble: método 4500-PC. Colorimétrico de ácido Vanadomolybdofosfórico

Fósforo Total: método 4500-PC. Colorimétrico de ácido Vanadomolybdofosfórico, previa digestión ácida.

Bacterias coliformes totales: método 9221B técnica estandarizada de fermentación en tubo múltiple (Número Más Probable, NMP) de coliformes totales

Bacterias coliformes fecales: método 9221E Procedimiento de NMP para coliformes fecales

Para el estudio de macroinvertebrados, las muestras de fueron lavadas con un tamiz 590 µm de apertura de malla; luego se realizó una tinción con eritrosina B 0,4% (*Rodrigues-Capítulo et al., 2010*) y se conservaron en alcohol 70%. Los macroinvertebrados fueron identificados hasta el menor nivel taxonómico posible (*Barbour et al., 1999; Prat et al., 2009*) con Lupa Estereoscópica (Ahecro ®) y Microscopio (Olympus®) utilizando claves taxonómicas (*Lopretto y Tell, 1995; Domínguez y Fernández, 2009*).

Para el estudio de la riqueza de fitoplancton se tomaron muestras de agua superficial con frasco de boca ancha y se fijaron con formol al 4%. Las muestras fueron observadas al microscopio óptico e identificadas con claves específicas (*Prescott; 1964 y Bellinger y Sigeo, 2010*) hasta el menor nivel taxonómico.

6.2.4.- Aplicación de Índices de calidad

Con los datos analizados se aplicó el índice WQI Water Quality Index (contaminación de origen cloacal), desarrollado por la Fundación Nacional de Saneamiento (National Sanitation Foundation, NSF) de Estados Unidos, quienes vienen utilizando índices desde 1970.

Este índice es un número adimensional que atribuye un valor de calidad a un grupo de parámetros medidos. La construcción del WQI requiere primero de un paso de normalización, donde este parámetro es transformado en una escala de 0 a 100, donde 100 representa la calidad más alta. El siguiente paso es aplicar factores de peso que reflejen la importancia de cada parámetro como un indicador de la calidad del agua (*Pesce y Wunderlin, 2000*). De esta manera, el WQI provee un número que puede ser asociado con un porcentaje de calidad, fácil de interpretar y basado en criterios científicos.

Para el cálculo final del WQI se utilizó una plantilla de cálculo tomada del Water Research Center, (*NSF, 2007*). Una vez obtenido el valor para cada sitio, los mismos fueron asignados dentro de una categoría de acuerdo al nivel de calidad de agua (excelente, buena, media, mala y muy mala).

6.3.- Resultados

6.3.1.- Arroyo Maldonado

En el marco del proyecto se desarrolló el Trabajo Final de Licenciatura con título "Estudio de calidad de aguas del Arroyo Maldonado, Partido de La Plata - Incidencia de la contaminación en eventos de inundación", por parte de la estudiante María Sol Martorell de la carrera Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. (trabajo completo en Anexo 6.A). Se presentan los resultados más relevantes obtenidos en este trabajo.

6.3.1.1- Distribución temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos *in situ*

Temperatura: los valores máximos y mínimos registrados corresponden a la variación estacional, siendo registrados los mayores valores en el sitio M3 durante todas las campañas. Esto último resulta de gran interés, ya que es indicio del aporte de aguas servidas en el cuerpo de agua receptor (*Metcalf & Eddy, 2013*). Por lo que estos resultados indicarían que en la zona aledaña y/o inmediatamente aguas arriba al sitio M3 puede haber conexiones clandestinas de efluentes cloacales a los pluviales que vuelcan al arroyo.

Conductividad: los valores encontrados se encuentran dentro de los esperados para ambientes dulceacuícolas (entre 0,01 y 1 mS/cm, *Chapman, 1996*), con el comportamiento estacional esperado. Sólo se registraron algunos valores por encima de este intervalo indicando la existencia de descargas de diferente origen.

pH: en general estuvieron dentro del intervalo de valores del nivel guía para la protección de la vida acuática para agua dulce superficial de la Provincia de Buenos Aires están entre 6,5 y 9 upH (*ADA, 2006*), con excepción del sitio M3 en la campana de agosto (Ago15), el cual se encontró fuera del intervalo mencionado. Este valor de pH levemente ácido podría deberse al aumento en la descomposición como consecuencia de importantes descargas de materia orgánica en ese sector de la cuenca (*Del Giorgio et al. 1991*).

Oxígeno Disuelto: se observaron valores por debajo del nivel guía de aceptable para uso recreativo (10 mgO₂/L, *ADA, 2006*), con cambios estacionales de acuerdo a las modificaciones de temperatura. Sin embargo, la mayoría de ellos supera el 50% del valor de saturación, considerándose poco contaminada (*Orozco Barrenetxea et al., 2003*).

6.3.1.2.- Distribución temporal y espacial de los parámetros químicos y microbiológicos

Alcalinidad, Dureza, Calcio y Magnesio: fueron valores variables, correspondiendo de acuerdo a la categorización a aguas blandas. Cuando se discriminó la dureza se observó que en la mayoría de los casos era debido a la concentración de Calcio más que de Magnesio.

Sólidos Totales y Sólidos Totales Fijos: fueron muy variables tanto a lo largo de las distintas campañas, como de los sitios de muestreo. Estos valores son dependientes de las lluvias ocurridas durante la temporada de muestreo. Los porcentajes de pérdida por ignición a 550°C, asociables a la descomposición de la materia orgánica, fueron variables de acuerdo al contenido de Sólidos Totales.

DBO₅: resultaron superiores al valor establecido para agua dulce de uso recreativo (10 mgO₂/L Resolución ADA 42/06), indicando aporte de materia orgánica al curso de agua

Fósforo Total: todos los valores detectados de fósforo se encuentran por encima del nivel guía nacional e internacional propuesto para aguas de uso recreativo (<0,100 mgP/L) (*SSRH, 2007; WHO, 2009*), siendo superiores en el sitio M3 en todas las campañas. Según la clasificación trófica, los valores encontrados en el arroyo corresponden a la categoría hipereutrófico (> 0,1 mgP/L) (*OECD, 1982*). En concordancia el Fosforo Reactivo Soluble también presentó un valor extremo en el sitio M3.

Nitritos: los niveles resultaron mayores en el sitio M1 para las tres campañas, concentraciones superiores a los valores naturales de nitritos en cuerpos de agua dulce (0,001-0,003 mgNO₂⁻/L, *APHA, 1998*), indicando aportes permanentes de este nutriente al cuerpo de agua.

Nitratos: todas las concentraciones de nitratos superaron el valor de 0,1 mgNO₃⁻/L esperado para aguas superficiales naturales (*Chapman, 1996*), sin embargo, solo algunas de ellas superaron el límite aceptable de 10 mgNO₃⁻/L establecido por la legislación nacional (*SSRH, 2003*) e internacional (*WHO, 2009*) para fuentes de provisión de agua para consumo humano. Los sitios M1 y M2 arrojaron los mayores valores de nitratos, lo que puede deberse a que son zonas donde se desarrolla un uso parcial agrícola, ya que el uso de fertilizantes nitrogenados puede causar la contaminación del arroyo con nitratos por escorrentía.

Nitrógeno Amoniacal: casi todos los datos registrados superan el nivel guía aceptable por la legislación nacional para protección de vida acuática de <0,4 mgNH₃/L (*SSRH, 2004*) y el nivel guía internacional propuesto por la Organización Mundial de la Salud para aguas de uso recreativo de <0,6 mgNH₃/L (*WHO, 2009*), observándose valores superiores en el sitio M3 en todas las campañas, indicando aporte de aguas residuales domésticas, industriales y fertilizantes.

Parámetros Microbiológicos: durante todo el monitoreo se registraron los valores mínimos de Bacterias coliformes totales y fecales en el sitio M1 y los valores máximos en el sitio M3. La presencia de bacterias coliformes (en especial fecales) es un claro indicador de contaminación urbana, particularmente por el aporte reciente de materia fecal humana y de animales (*Pulido et al., 2005*). La zona aledaña al sitio M3, donde se dieron las mayores concentraciones de coliformes, carece de sistema red cloacal, por lo que pudiera haber conexiones clandestinas de los desechos a los pluviales. A su vez, según la bibliografía el aumento del crecimiento poblacional de bacterias se da con el aumento de la temperatura (*Natale, 1998*), variación que se pudo comprobar.

En todos los casos, la concentración de coliformes fecales excede el límite de <200 NMP/100ml, establecido por la Organización Panamericana de la Salud para aguas de uso recreacional con contacto primario (*Hederra, 1996*). Con respecto a los niveles guía nacionales de calidad de aguas para fuentes de provisión de agua de bebida humana para posterior tratamiento convencional (*SSRH, 2007*), siendo para coliformes totales <5000 NMP/100 ml y fecales <1000 NMP/100ml, se observa que solo el sitio M1 se encuentra dentro de ambos valores. La Resolución ADA 336/03 fija un límite de <2000 NMP/100ml de coliformes fecales para descarga a cuerpo de agua superficial (*ADA, 2003*), valor que en casi todos los casos es superado.

6.3.2.- Arroyo del Gato

6.3.2.1- Distribución temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos *in situ*

En la figura 4, se muestran las variaciones temporales y estacionales de los parámetros *in situ* -

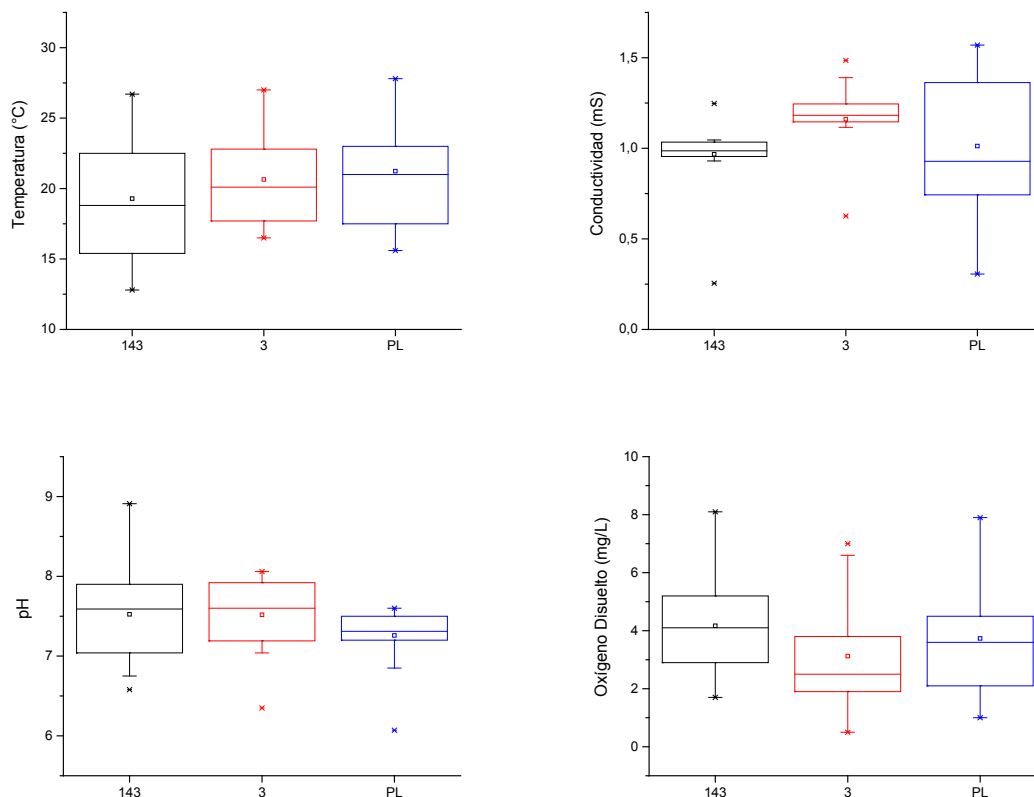


Figura 4: Variación de parámetros de calidad de aguas en A° del Gato en los tres sitios de muestreo.

Temperatura: los valores máximos y mínimos registrados corresponden a la variación estacional, sin observarse variabilidad entre los sitios.

Conductividad: los valores encontrados presentan medias en el límite superior de los esperados para ambientes dulceacuícolas (entre 0,01 y 1 mS/cm , *Chapman, 1996*). Se observa que existe una diferencia significativa entre los sitios 143 y 3, aunque no con el sitio PL, ya que éste tiene influencia del Río de la Plata debido a que se encuentra en planicie costera, los otros dos sitios reciben aportes por descargas pluviales e impactos por escorrentía. En los tres sitios los valores mínimos corresponden al 1/12/2014, habiéndose registrado un mes de noviembre extremadamente lluvioso (alrededor de 200mm caídos).

pH: en general las mediciones registradas estuvieron dentro del intervalo de valores del nivel guía para la protección de la vida acuática para agua dulce superficial de la Provincia de Buenos Aires. Las mismas están entre 6,5 y 9 upH (*ADA, 2006*), con valores extremos cercanos a este intervalo. Los valores ácidos podrían deberse al aumento en la descomposición como consecuencia de importantes descargas de materia orgánica y los valores alcalinos podrían deberse a descargas cloacales clandestinas en los desagües pluviales que desembocan en el arroyo, en este caso en el sitio 143 (*Del Giorgio et al. 1991*).

Oxígeno Disuelto: se observaron valores por debajo del nivel guía de aceptable para uso recreativo ($10 \text{ mgO}_2/\text{L}$, ADA, 2006), con cambios estacionales de acuerdo a las modificaciones de temperatura, la mayoría de ellos no supera el 50% del valor de saturación, considerándose contaminada (Orozco Barrenetxea et al., 2003).

6.3.2.2.- Distribución temporal y espacial de los parámetros químicos y microbiológicos

En la Figura 5 se muestra la distribución de Sólidos Totales Disueltos (STD mg/L), Dureza (mgCaCO_3/L) y Alcalinidad (mgCaCO_3/L) en función de la fecha de muestreo, en los tres sitios de estudio. Se observa que tanto la Alcalinidad como la Dureza presentan un comportamiento variable, probablemente acorde a variación en las precipitaciones, al igual que los STD. Representan aguas blandas ($<150 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$), con alcalinidad media de $400 \pm 100 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$.

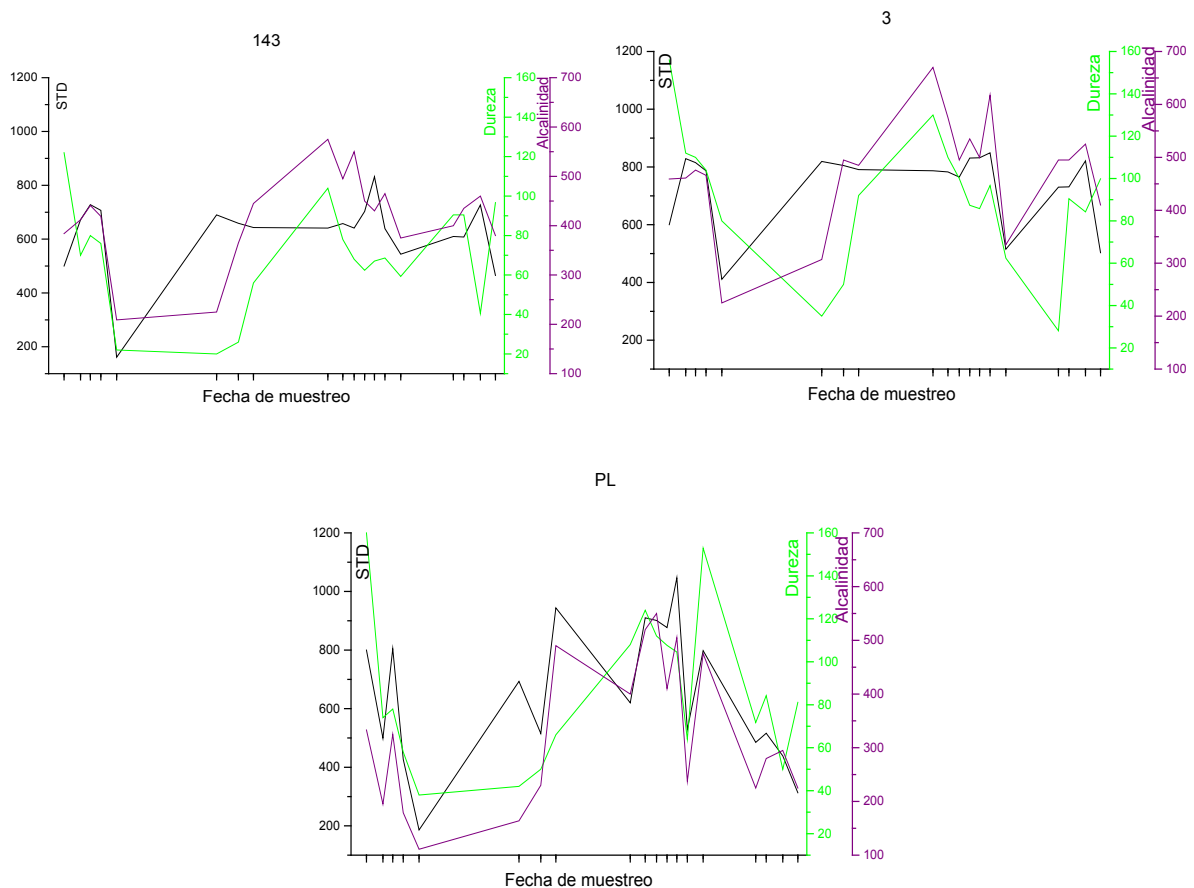


Figura 5: Variación estacional de parámetros de calidad de agua por sitio de muestreo del A° del Gato

DBO5: la mayoría de los valores encontrados resultaron superiores al valor establecido para agua dulce con uso recreativo ($10 \text{ mgO}_2/\text{L}$, Resolución ADA 42/06), indicando aporte de materia orgánica al curso de agua, principalmente en los sitios 143 y 3 (Figura 6).

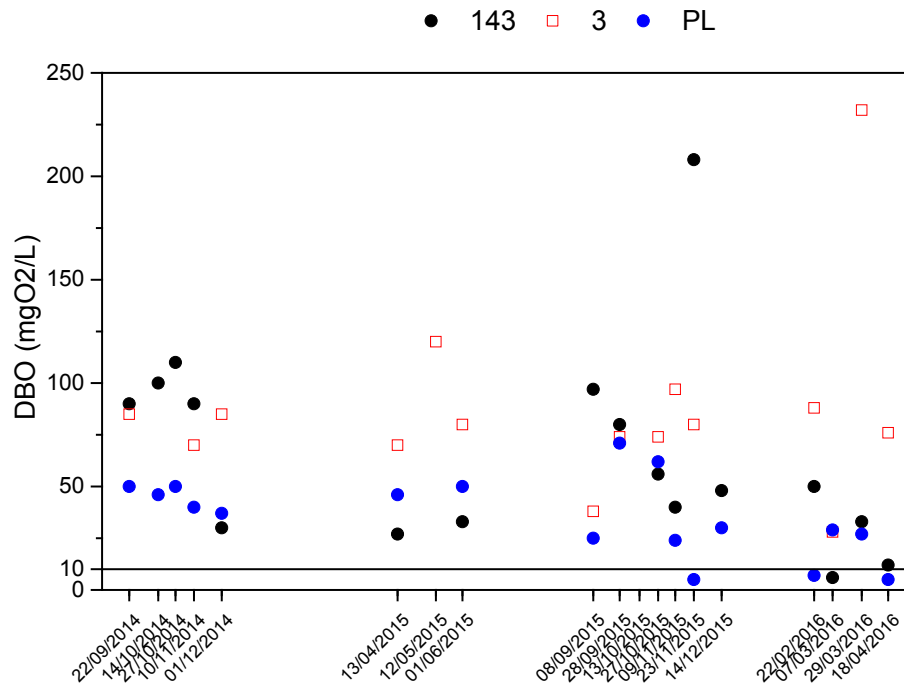


Figura 6: Variación estacional de la DBO₅

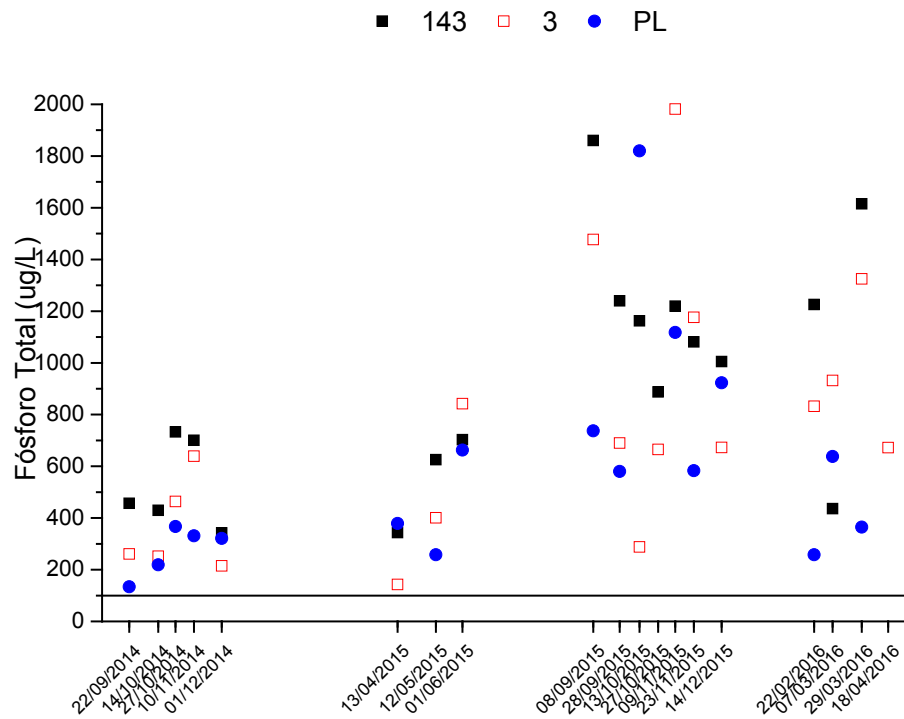


Figura 7: Variación de la concentración de fósforo en los sitios de muestreo del A° del Gato

Fósforo Total: todos los valores detectados de fósforo (figura 7) se encuentran por encima del nivel guía nacional e internacional propuesto para aguas de uso recreativo (100 $\mu\text{gP/L}$) (SSRH, 2007; WHO, 2009), no presentando un patrón de comportamiento espacial. Según la clasificación trófica, los valores encontrados en el arroyo corresponden a la categoría hipereutrófico ($>100 \mu\text{gP/L}$) (OECD, 1982).

Nitratos: casi todas las concentraciones de nitratos (figura 8) superaron el valor de 0,1 mgNO_3/L esperado para aguas superficiales naturales (Chapman, 1996), y algunas de ellas superaron el límite aceptable de 10 mgNO_3/L establecido por la legislación nacional (SSRH, 2003) e internacional (WHO, 2009) para fuentes de provisión de agua para consumo humano. Se observa que en primavera se presentaron los mayores valores de nitratos en el sitio 143 durante el monitoreo del año 2014, lo que puede deberse a que son zonas donde se desarrolla un uso parcial agrícola, ya que el uso de fertilizantes nitrogenados puede causar la contaminación del arroyo con nitratos por escorrentía. En los monitoreos posteriores a obras, la concentraciones encontradas en los sitio 143 el sitio 3 se mantienen constantes. Esto podría relacionarse a la intervención del encauzamiento con cementación de márgenes y lecho y consecuente pérdida de vegetación y filtrado natural del sistema.

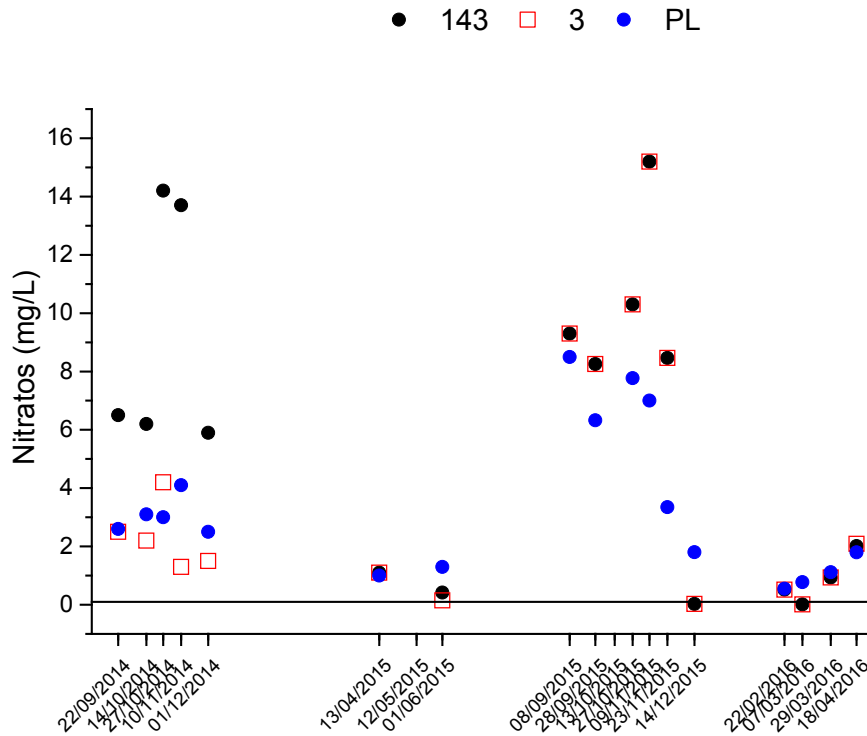


Figura 8: Variación de la concentración de nitrato en los sitios de muestreo del A° del Gato

Parámetros Microbiológicos

Durante todo el monitoreo se registraron valores de bacterias coliformes totales y fecales variables entre los sitios (Figura 9), observándose los mayores valores en aquellos que atraviesan zonas de asentamientos, acorde con el hecho de que la presencia de bacterias coliformes (en especial fecales) es un claro indicador de contaminación urbana sin servicio de saneamiento adecuado, particularmente por el aporte reciente de materia fecal humana y de animales (Pulido *et al.*, 2005). En todos los casos, la concentración de coliformes fecales excede el límite de $<200 \text{ NMP}/100\text{ml}$, establecido por la Organización Panamericana de la Salud para aguas de uso recreacional con contacto primario (Hederra, 1996). Con respecto a los niveles guía nacionales de calidad de aguas para fuentes de

provisión de agua de bebida humana para posterior tratamiento convencional (SSRH, 2007), siendo para coliformes totales <5000 NMP/100 ml y fecales <1000 NMP/100ml, se observa que en la mayoría de los casos es superado. La Resolución ADA 336/03 fija un límite de <2000 NMP/100ml de coliformes fecales para descarga a cuerpo de agua superficial (ADA, 2003), valor que en casi todos los casos es superado, indicando que el propio cuerpo de agua superficial se asemeja a una descarga de origen cloacal, sin capacidad de dilución.

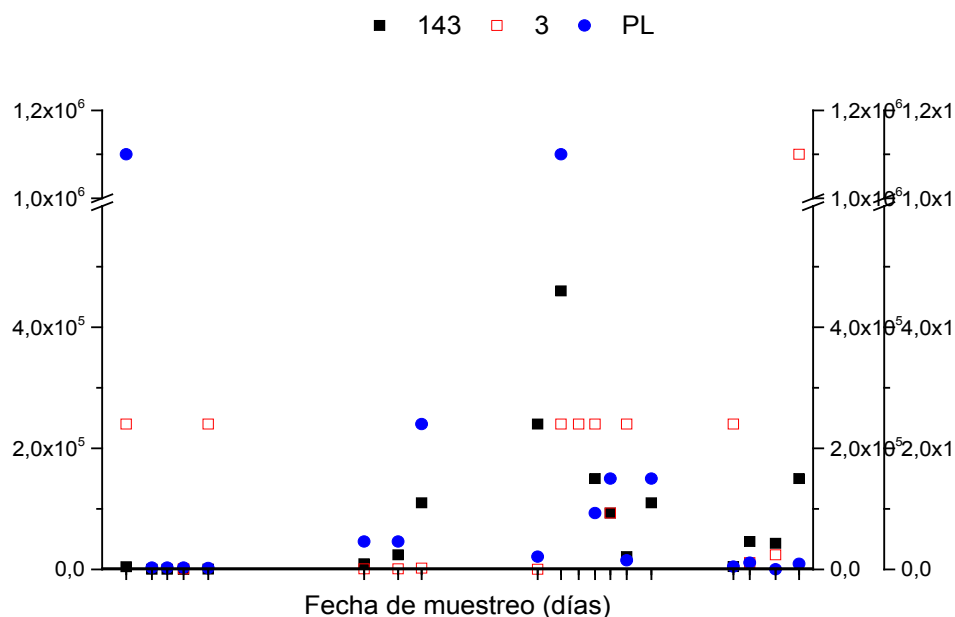


Figura 9: Variación de parámetros microbiológicos en los sitios de muestreo del A° del Gato

6.3.2.3.- Índice de Calidad de Aguas (WQI)

Como se detalló en la metodología, se utilizó un índice general de calidad de aguas basado en las mediciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos (WRC, 2012). El índice utilizado incluyó para su cálculo un total de ocho parámetros medidos: cambio de temperatura, pH, oxígeno disuelto, coliformes fecales, DBO5, fósforo total, nitratos y sólidos totales, teniendo el mayor peso en el mismo el oxígeno y los coliformes fecales, indicando contaminación de origen fecal. Los resultados obtenidos se ajustan a la escala de valores del WQI (tabla 3 y figura 10) y se muestran en la figura 10, donde se observa que la calidad del agua según este índice se encuentra entre media (50-70) y mala (25-50). Los valores medios se encuentran en el límite entre los intervalos de calidad media y mala, sitio 143:48±8, sitio 3:47±7; sitio PL: 51±9), no viendo diferencias significativas entre los sitios.

Tabla 3: Índices de calidad de agua (Fuente: NFS, 2007)	
Calidad del agua	Valor del índice
Excelente	90-100
Buena	70-90
Media	50-70
Mala	25-50
Muy Mala	0-25

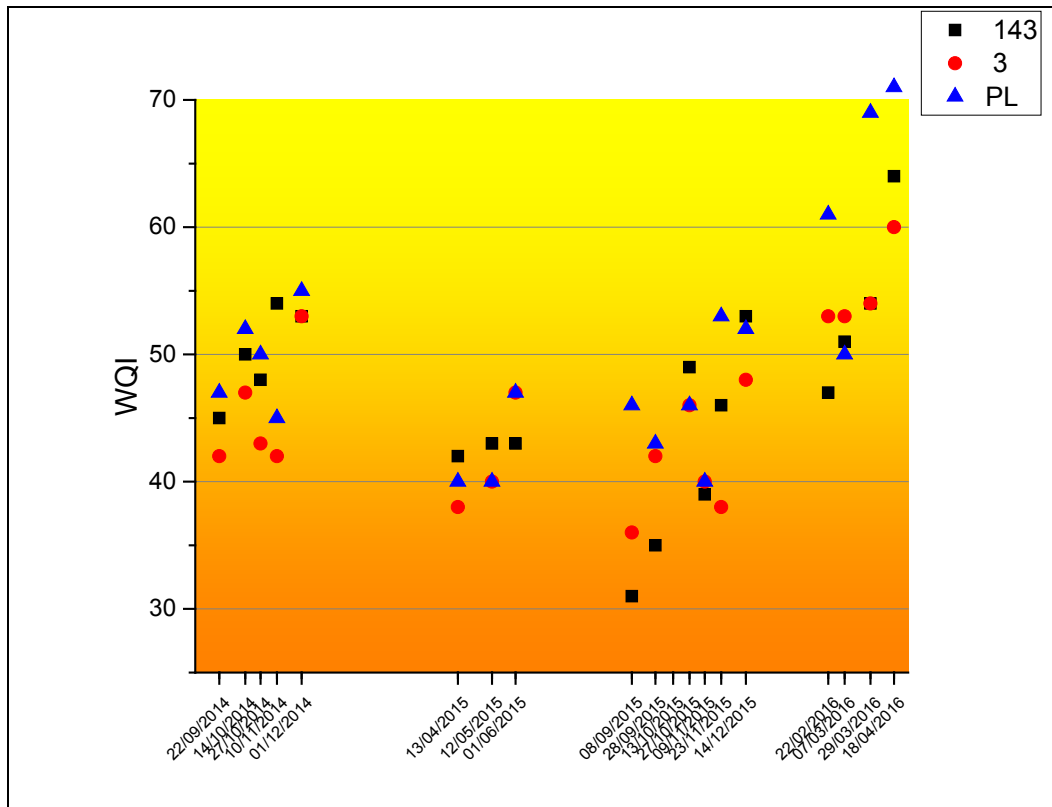


Figura 10:- Distribución espacial y temporal del índice de calidad de agua WQI

6.3.2.4.- Dinámica del arroyo- impacto de las precipitaciones sobre la calidad del agua

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos planteados es la instalación de un observatorio ambiental basado en una red de estaciones de monitoreo continuo meteorológicas y de variables fisicoquímicas de las principales cuencas y en base a los resultados en la distribución temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos, se plantea estudiar la dinámica del arroyo del Gato en función de las precipitaciones registradas (*Sabbione et. al, 2015*).

Para realizar dicho análisis, se contó con el aporte de los datos de precipitaciones en tres estaciones próximas a los sitios de muestreo (Estación LPO, Estación Agronomía, Estación LAHYS) provistos por el grupo de monitoreo meteorológico, se colectaron datos de mm de agua caída diaria en un lapso de 15 días anteriores a la fecha de muestreo.

Se realizó el análisis de los valores de conductividad para los sitios 143 y 3, que presentaban diferencias significativas, en función de la acumulación de precipitaciones 7 días y 15 días previos a la fecha de muestreo (figura 11). Se observa que para ambos sitios la conductividad disminuye en función de los mm de agua caída cuando se consideran 7 días previos al muestreo siendo más variable en el sitio 3. Debido a que la conductividad es un parámetro que mide la concentración de iones de diverso origen, estos pueden provenir de diferentes fuentes, tanto por descargas pluviales como por escorrentía, de manera que se puede considerar que el efecto de dilución que provocan las precipitaciones se observa en períodos cortos de tiempo.

Paralelamente se realizó el análisis de los valores de nitratos en los 3 sitios de muestreo en función de las precipitaciones acumuladas durante 7 y 15 días previos a la fecha de muestreo (figura 12). En este caso se observa que durante la primavera, época en la que se aplican nutrientes nitrogenados en las zonas de cultivo, la concentración de Nitratos aumenta y se corresponde con la cantidad de mm de

agua caídos 15 días antes a la fecha de muestreo. Considerando que la incorporación de los Nitratos provenientes del suelo en el curso de agua, se produce por escorrentía, deben considerarse períodos más prolongados de precipitaciones para poder observar el efecto producido en el curso de agua.

Estos dos parámetros medidos, cuya incorporación a los cursos de agua se produce por diferentes mecanismos, nos permiten evaluar la dinámica que se produce en el arroyo del Gato y estimar como sería el comportamiento de otro tipo de sustancias contaminantes.

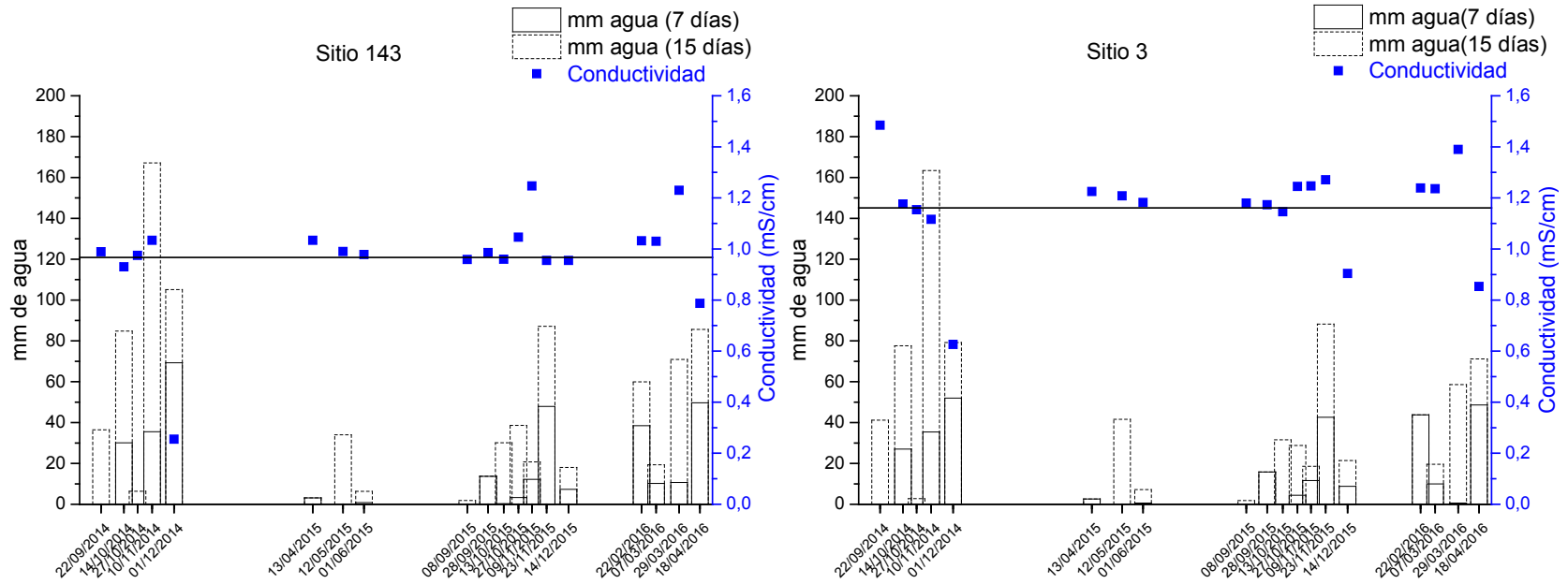


Figura 11: Estudio de la relación entre la conductividad del agua del A° del Gato en relación a precipitaciones previas al momento de muestreo

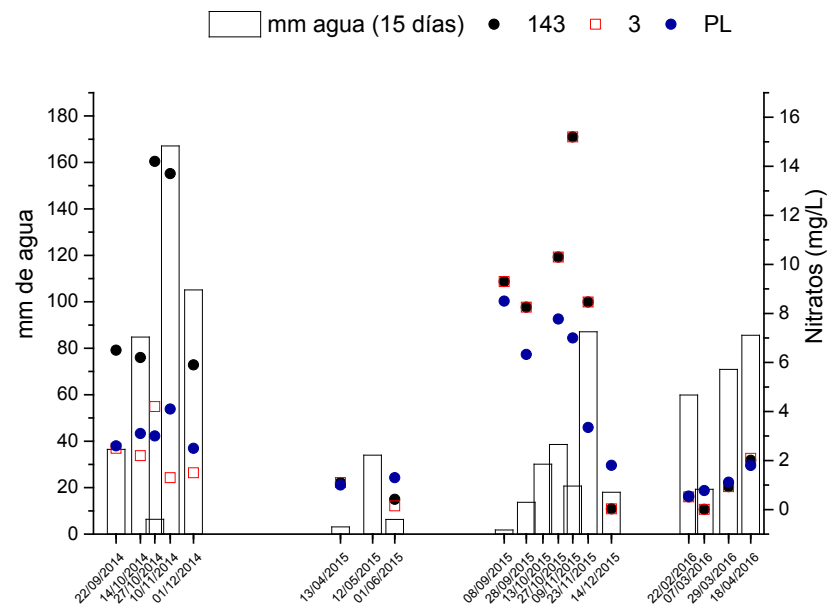
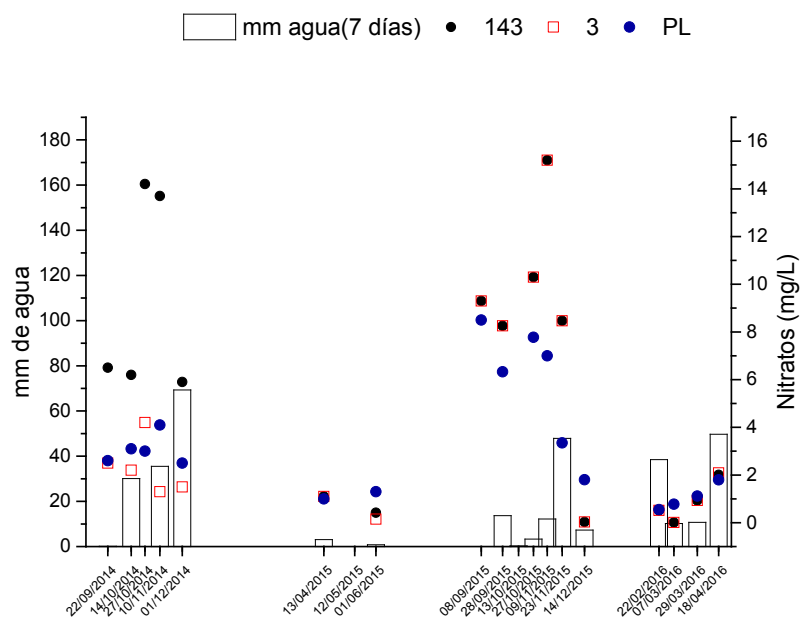


Figura 12: Estudio de la relación entre la concentración de nitratos en relación a precipitaciones previas al momento de muestreo en el A° del Gato

6.3.3.- Laguna de Los Patos

Este sitio ha venido siendo estudiado en investigaciones previas (Cano *et al.* 2015). Entre los resultados encontrados es de resaltar en particular que desde mediados de 2015 en adelante se aprecia un franco desequilibrio en algunos parámetros tales como P total, pH y más evidentemente la conductividad, que aumenta de una media de $0,38 \pm 0,11$ DS en el período 09/14 - 09/15 a una conductividad media de $1,7 \pm 0,3$ mS en la actualidad. Esta situación se debería a la desconexión de la laguna del Río de la Plata, por obras correspondientes a ENARSA (figura 13).

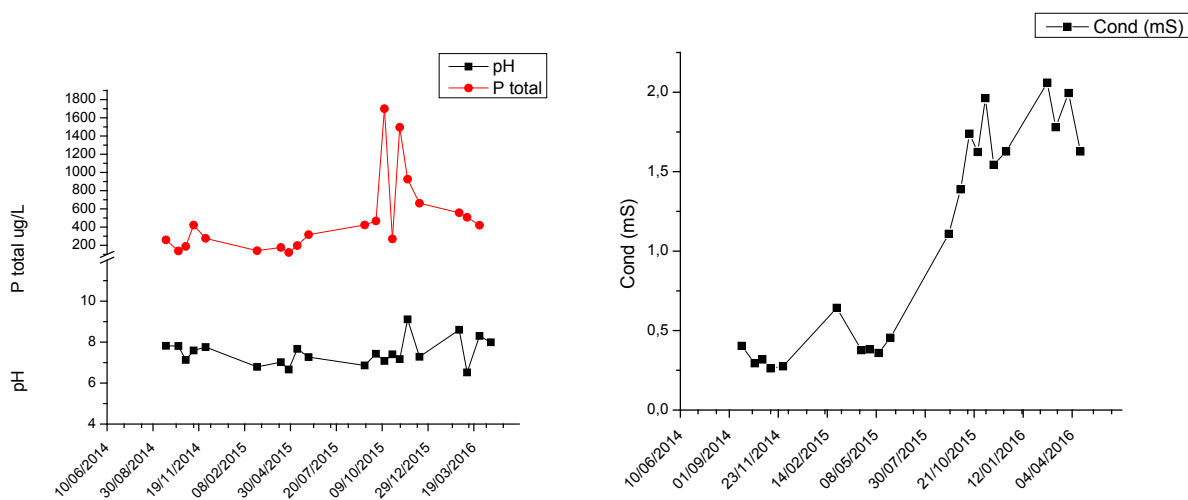


Figura 13: variación de la concentración de fósforo y de la conductividad en la Laguna Los Patos desde el año 2014 (datos de monitoreos previos) a la actualidad

Los niveles de bacterias coliformes totales y fecales en agua de la laguna están entre 40 y 2000 NMP/100ml, muestran una baja contaminación fecal, probablemente proveniente del ganado que pastorea en los campos que rodean la laguna, ya que no deberían existir aportes de contaminación cloacal.

El estudio de macroinvertebrados obtuvo como resultado de la determinación taxonómica un total de 35 taxones distribuidos en 5 Phylums, siendo el más abundante al correspondiente a los Arthropoda con 27 familias, seguido por Mollusca con 4, Annelida con 2, Platyhelminthe y Nematoda. Dentro de estos resultados, el bentos presentó el menor número de taxones (17 totales) de los cuales Annelida presentó el mayor porcentaje de los individuos, seguido por Mollusca y Nematoda (figura 14); mientras que *P. stratiotes* se encontraron 34 taxones, siendo el Phylum Arthropoda el que presentó el mayor porcentaje acumulado de individuos 91,84% (figura 14). Por otro lado, se hallaron 28 taxones de fitoplancton distribuidos en las clases Bacillarophyceae (46%), Cyanobacteria (14%), Chlorophyceae (29%) y Euglenophyceae (11%), con 13, 9, 4 y 3 taxones, respectivamente.

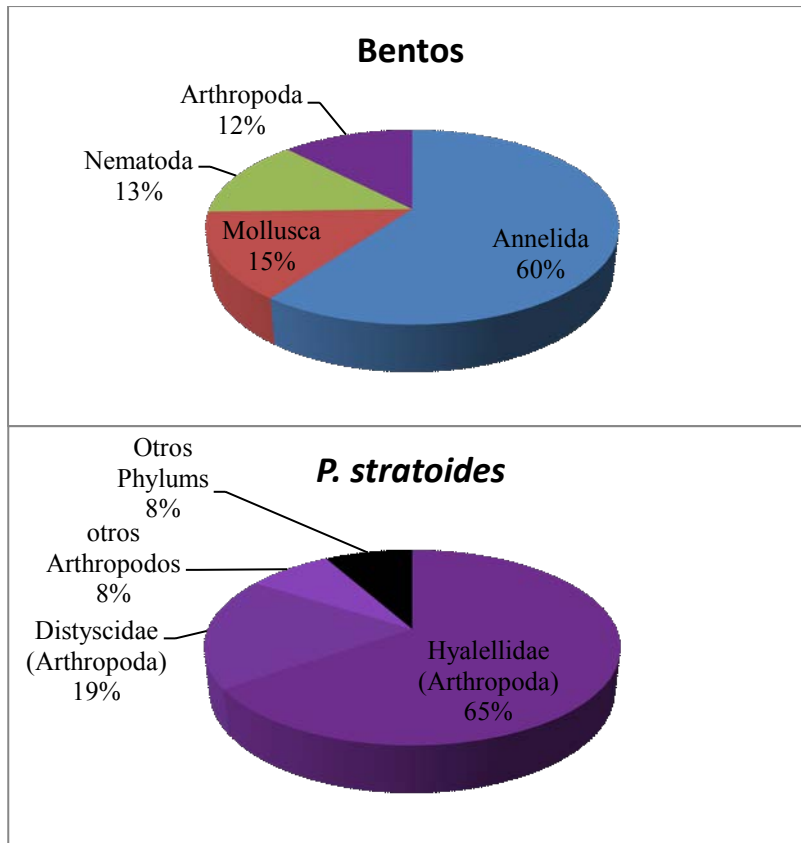


Figura 14: Distribución del % de individuos entre phylum, encontrados para bentos y *P.stratiotes*

Como se observa en la figura 13, se halló una importante diferencia en cuanto a los macroinvertebrados bentónicos y los asociados a la vegetación; no solo relacionada con la abundancia de taxones sino también en cuanto a la sensibilidad a la contaminación orgánica, los Hirudíneos (Annelida), con el mayor porcentaje de individuos hallados en el bentos, es un orden informado para ambientes fuertemente contaminados con materia orgánica al igual que los Nematodos y Oligochaeta (Annelida). La presencia de estos taxones en el bentos indicarían que el sedimento presenta un grado de contaminación orgánica alta, mientras que la diversidad de macroinvertebrados asociados a *P. stratiotes* está compuesta por taxones que son sensibles y medianamente tolerantes a la contaminación orgánica como es el caso de los siguientes Artropodos; Trichoptera, Decapoda, ninfas de Odonatos y Anfípodos (Hilsenhoff, 1988; Rodríguez-Capítulo, 1999; Rodríguez-Capítulo et al., 2001) determinando un grado de contaminación leve. Cabe destacar, que no se han hallado en la laguna larvas de mosquitos de importancia sanitaria esto se puede deber a la presencia de numerosos taxones con hábitos depredatorias que se alimentan de este tipo de larvas como por ejemplo las larvas de la familia Tabanidae, los Odonatos y larvas de Coleópteros entre otros, estos organismos utilizan a las macrófitas acuáticas como sitio de caza y refugio.

En el estudio del fitoplancton se encontró una importante riqueza y no se detectaron florecimientos de cianobacterias potencialmente tóxicas como las encontradas en estudios previos (Aguilera et al., 2013).

Un acercamiento preliminar al estudio de la flora existente, se realizó una visita a la laguna en febrero de 2016 que contó con la participación de la Dra. Ana Fagui de la Universidad Nacional de Flores y la Universidad de Buenos Aires, junto a la Dra. María Semmartin de ésta última, además de la Lic. en Botánica Matilde Zúcaro, quienes relazaron este primer relevamiento que muestra un interesante número y cobertura de especies endémicas. Encontraron un total de 65 especies, de las cuales el 73,8 % son endémicas (total 48) y un 26,1 % son exóticas (total 17).

En función a estos resultados obtenidos y teniendo en cuenta las condiciones en las que se encuentra la laguna, se proponen los objetivos señalados a continuación para este caso piloto, en línea con los objetivos generales del proyecto, contribuyendo a un manejo sustentable que garantice la conservación de la Laguna Los Patos:

- Analizar y explicar las características que asume la problemática ambiental y social en la región.
- Evaluar y proponer estrategias tendientes a compatibilizar el crecimiento y desarrollo con un ambiente sano haciendo énfasis en la calidad del agua y promoviendo las condiciones para la conservación de la flora y fauna de la región.
- Crear las bases para concretar la implementación de un observatorio ambiental, que brinde información estratégica y contribuya a la formulación y aplicación de políticas públicas que tiendan a asegurar la sustentabilidad social y ambiental.

6.4.- Consideraciones generales

Respecto a la caracterización físicoquímica y microbiológica de los arroyos, se observa en la mayoría de los casos que los resultados obtenidos siguen el comportamiento similar al de otros arroyos de la región. Ello, de acuerdo a los antecedentes encontrados en la bibliografía para la zona, dentro de los cuales se encuentran el arroyo Pereyra, los ríos Luján y Reconquista (*Pizarro y Alemanni, 2005*; PNUD, 2012; *Rigacci et al., 2013*).

Arroyo Maldonado: cabe destacar entre los parámetros físicoquímicos, la diferencia de temperatura del agua observada en el sitio M3, que en todas las campanas resulto 1-2°C por encima de los otros sitios. Como se mencionó anteriormente, es un indicio del aporte de aguas servidas, ya que estos efluentes tienen habitualmente una temperatura más elevada que el cuerpo de agua receptor (Metcalf & Eddy, 2013). Sumado a ello, de acuerdo a los resultados obtenidos de calidad microbiológica del arroyo, se observa que el sitio M3 es el que tiene influencia directa de descarga de desechos a través de conexiones clandestinas a los pluviales, ya que se encontraron altos niveles de contaminación por coliformes fecales, lo que no solo queda evidenciado por dicho parámetro, sino también por el reciente relevamiento de la red de cloacas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP (Mapa Cobertura Red de Cloacas, Cuenca Arroyo Maldonado), que deja evidenciada la falta del servicio en la cuenca y en especial en el sitio mencionado, el que también tiene una alta urbanización informal (Mapa Usos del Suelo, Cuenca Arroyo Maldonado). Además a través de la aplicación de un Análisis de Componentes Principales (PCA), se define la zona correspondiente al sitio M3 caracterizada por altas concentraciones de amonio, fósforo total, coliformes fecales y baja concentración de oxígeno disuelto, confirmando las características de la contaminación cloacal.

Según la clasificación del Índice de Calidad de Agua (WQI), el sitio de muestreo M3 tiene calidad de agua mala, y los sitios M1 y M2 tienen calidad de agua media. Las observaciones en campo de los lugares de estudio permiten diferenciar los sitios. El tramo superior del arroyo conserva vegetación acuática y mayor transparencia que el medio. El tramo inferior muestreado evidencia claro deterioro, material flotante proveniente de degradación de materia orgánica, color grisáceo, patinas de material oleoso, ausencia de vegetación acuática.

Todos los sitios de muestreo se encuentran ubicados en sectores de la cuenca clasificados como de alto peligro de inundación por precipitaciones según los mapeos recientes, lo cual se pudo corroborar en la inundación del mes de abril de 2013, donde por ejemplo, el agua en el sitio M3 llegó a sobrepasar los 2 metros de altura, siendo el más crítico de la cuenca (Facultad de Ingeniería UNLP, 2013). Esto adquiere gran importancia en relación a la evidente contaminación encontrada, particularmente las características microbiológicas, visualizable de manera más sencilla con el WQI. El contacto directo de la población aledaña en escenarios de inundación con el agua del arroyo ingresando a viviendas y

calles, determina impactos adversos incrementables por exposición a los contaminantes presentes en el agua (figura 15).

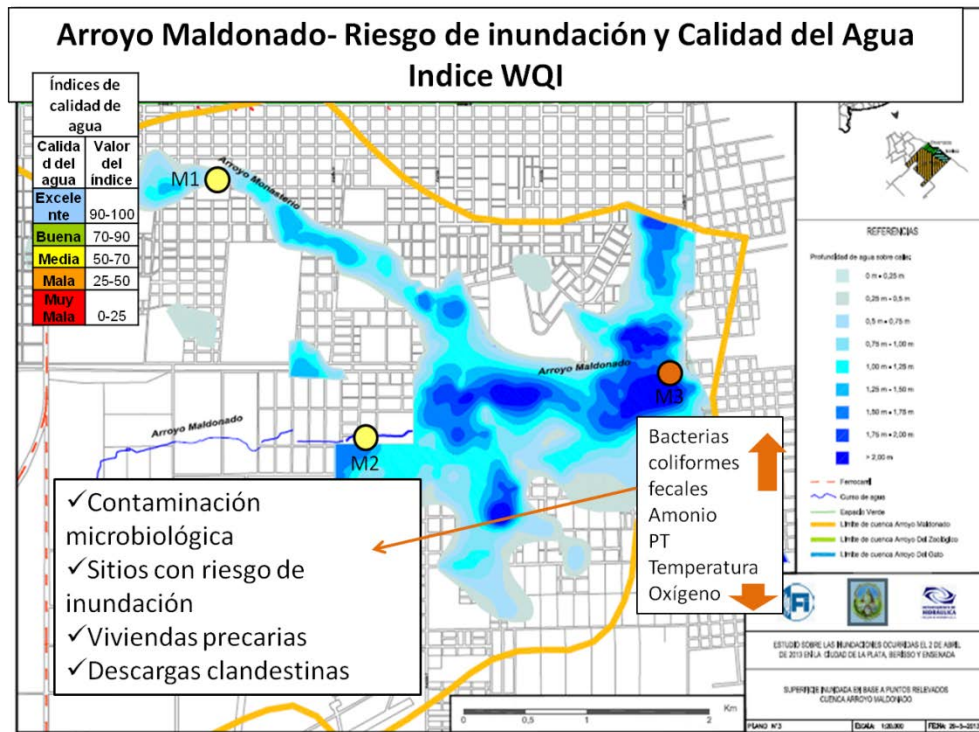


Figura 15: calidad de agua en el A° Maldonado y su relación con el peligro de inundación

Arroyo del Gato: si bien los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados muestran valores dentro de los encontrados para los cursos de agua contaminados de la región, se evidencian sectores con calidad de agua de medio a malo según el índice WQI. Ello debido al bajo porcentaje de saturación de oxígeno, los elevados niveles de bacterias coliformes fecales, materia orgánica y fósforo, que evidencian descargas de origen cloacal en el curso de agua, estando las concentraciones por encima de los límites propuestos por organismos internacionales (WHO, 2009) y nacionales (SSRH, 2003, 2004 y 2007).

En función de haber realizado el monitoreo durante casi dos años y teniendo acceso al régimen de precipitaciones se pudo realizar la dinámica del curso de agua observando procesos de dilución de los compuestos que se encuentran en la columna de agua y el aumento de concentración de compuestos que aparecen por escorrentía desde el suelo. Esto podría explicarse por la actividad agrícola en el tramo superior de la cuenca (Mapa Usos del Suelo, Cuenca Arroyo del Gato), los que resultaron con mayores concentraciones de nutrientes, especialmente en nitratos.

Se logró identificar la presencia de marcadores ambientales que señalan modificaciones estructurales en el curso de agua (Coletti et al., 2010). En particular a través del análisis de las concentraciones de nitratos se observa el impacto del encausamiento del arroyo (figura 16), verificando que antes de producida la obra la concentración del nitrato proveniente de la zona de cultivos en el sitio 143, disminuía al evaluar los sitios 3 y PL y cuando se analiza en la etapa posterior a la realización de la obra, se observa escurrimiento de nutrientes y aporte directo a la cuenca inferior.

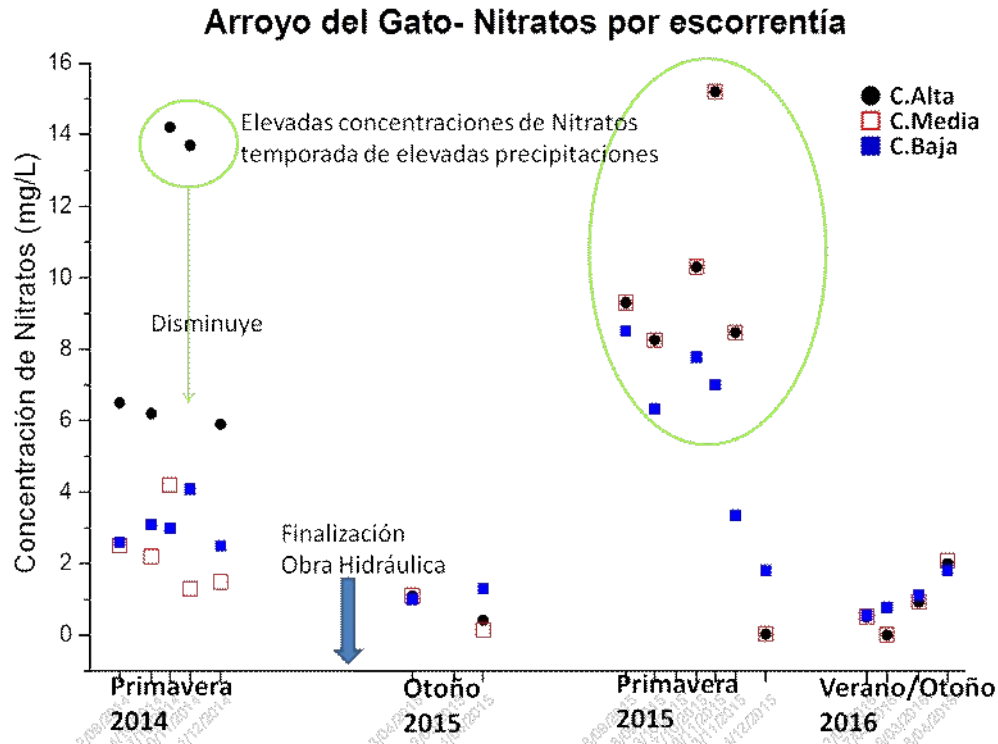


Figura 16: distribución de la concentración de nitratos en el A° del Gato durante el período de estudio. Se señala la finalización de la obra estructural y el cambio de tendencia en la distribución de este compuesto en el agua

Laguna Los Patos: la ordenanza 1829/95 declara como áreas protegidas a las costas del Río de la Plata, de los canales y arroyos. Existe, además, una propuesta de modificación que incorpore como áreas protegidas a la laguna Los Patos y a los humedales del distrito. Teniendo en cuenta este aspecto se desarrolló una propuesta de manejo de la laguna de Los Patos.

El día 3 de marzo de 2016 se realizó el “ENCUENTRO CON EL MUNICIPIO DE ENSENADA POR LA PRESERVACIÓN DE LA LAGUNA DE LOS PATOS” en la que participaron Autoridades de Salud, Medio Ambiente y Planeamiento Urbano del Municipio del Municipio de Ensenada, prov. de Bs As, Integrantes del Programa Ambiental de Extensión Universitaria (PAEU) y del Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA) de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, Vecinos de Ríos y el Club de Observadores de aves La Plata. De la reunión participaron además investigadores del Instituto Gino Germani de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y de la Universidad de Flores así como estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales de la UNLP.

De los estudios realizados se desprende que La laguna Los Patos cumple con las condiciones ecológicas y fisicoquímicas que caracterizan a las lagunas pampeanas, posee una baja profundidad, elevada relación entre la columna de agua y los sedimentos que acelera los procesos de circulación de materia, no posee una zona litoral definida ya que las macrófitos pueden ocupar toda la extensión de la laguna, son dependientes de las precipitaciones provocando periodos en los que hay una gran disminución del volumen de agua y otros en donde llegan a sobrepasar sus límites y suelen presentar valores de conductividad altos en periodos de sequía (Quirós, 2005; Grosman, 2008). Actualmente es un ambiente fragmentado que no posee conexión con otro curso de agua superficial ya que se ha cortado la comunicación que esta tenía con el A° el Gato a partir del A° el Zanjón, debido a la construcción de la tubería que va a traer agua desde el Río de la Plata a la central termoeléctrica con el

objetivo de refrigerarlas. La pérdida de esta conexión significa un desbalance en el sistema hídrico que mantuvo el ecosistema de la laguna durante décadas. Por esto es necesario reconectar la laguna con el Río con cuidado del posible efecto térmico derivado del funcionamiento de la Planta Termoeléctrica, para lo cual se necesitara la asistencia Municipal con equipos y maquinaria para las obras. Es sin duda necesario conocer el sistema y su dinámica en el tiempo para realizar un manejo adecuado del ambiente y fortalecer sus servicios ecosistémicos de manera de evitar la pérdida de este hábitat para los organismos.

El objetivo del encuentro fue delinear un proyecto de manejo sustentable de la Laguna de los Patos, se valoró La Laguna como un espacio natural de enorme valor ecológico y cultural que es necesario preservar. Se acordaron en este sentido en que son necesarias algunas acciones para preservar el sistema y además generar un espacio de Recreación, Educación y Conservación que permita considerarlo un observatorio ambiental y social.

Con vistas a este objetivo se propuso generar una propuesta de manejo inicial, necesario para preservar el ambiente, estudiarlo y dar los primeros pasos para generar un espacio de recreación en un entorno natural. Así, un plan de manejo sustentable de la laguna debe garantizar

- 1.- mejoramiento de las áreas de uso turístico y recreativo
- 2.- implementación de cartelera orientada a la educación ambiental
- 3.- Establecer criterios y acciones tendientes a promover la conservación del ambiente y su biodiversidad

Las primeras acciones para ir en este sentido serian

Realizar la marcación perimetral del espacio de la laguna

Reconectar la laguna al A° del Gato

Limpieza zona frontal (lado oeste de la laguna, bajo eucaliptos, limitar el acceso con vehículos)

Instalación de un refugio para la observación de aves, de dimensiones, características y ubicación resaltada en la figura 1

Asociado al refugio poner un muelle con Instalación de una referencia que indique el nivel del agua de la Laguna, podría estar vinculada al muelle.

Construir senderos entre la zona frontal de la laguna y el refugio

Cartelera educativa y de información al público

Posteriormente, se avanzará en

Promover la educación ambiental mediante Información sobre la importancia de los humedales, elaboración de cartelera, página Facebook, otros. Destinado a vecinos y visitantes.

Mantener limpieza y orden parte delantera de la laguna

Caracterización cuenca y monitoreo continuo del funcionamiento de la laguna

Contactar con ENARSA y con la Reserva de Punta Lara, con los dueños de los campos aledaños a la laguna.

Proponer un plan de cuidado y control de las actividades que se realicen en la laguna en sentido de limitar actividades como hacer fuego debajo de los árboles, cazar, meterse con botes o motos de agua, etc.

6.5.- Conclusiones y recomendaciones

- ✓ Sobre la base de que el principal aporte de contaminantes de la cuenca es de origen cloacal, se plantea la necesidad de mejorar el sistema de provisión y saneamiento de la red de cloacas, con las correspondientes obras de infraestructura que permitan la ampliación de la existente hacia los nuevos sectores urbanizados. A su vez, se requieren plantas de tratamiento para el adecuado saneamiento de los efluentes.
- ✓ Otro aspecto a destacar es el escaso conocimiento y control sobre el uso de fertilizantes en las actividades agrícolas de la cuenca, por lo que se deben gestionar políticas de preservación

ambiental del recurso que abarquen estos temas. Por otro lado, estudiar potenciales descargas industriales al arroyo es un tema pendiente para tener un panorama completo del impacto antrópico en el curso de agua estudiado.

- ✓ Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica sobre normas de calidad de agua, se reconoce que las mismas son escasas y poco sistematizadas, lo que requiere de una activa revisión y ampliación para el cuidado de los recursos hídricos superficiales.
- ✓ La intervención de los gobiernos provinciales y locales en la planificación de los asentamientos es fundamental para encarar soluciones a los problemas planteados en este trabajo, en particular aquellos asociados a las inundaciones.
- ✓ Propuesta: utilización de un Índice de Calidad simplificado, que se determina con parámetros fisicoquímicos *in situ* y microbiológicos, para la obtener una caracterización rápida y robusta de calidad de un cuerpo de agua superficial, necesarias para la respuesta en acciones inmediatas frente a los problemas que se detecten tendientes a su resolución. El A° Maldonado representa otro caso de deterioro de un ecosistema acuático de la región, asociados al olvido de políticas públicas tendientes a una efectiva conservación de los recursos y una mejora de la calidad de vida.
- ✓ Es importante conservar la Laguna los Patos ya que esta brinda importantes servicios ecosistémicos a la población, no solo como sitio de esparcimiento sino también como sitio buffer ante las inundaciones y crecidas del Río de la Plata y como reservorio de biodiversidad. También es sitio de anidamiento de numerosas especies de aves y mantiene una buena diversidad de especies vegetales autóctonas. Es por ello que su preservación es imprescindible ante la pérdida de los humedales naturales en la región, para ello es necesaria la realización de estudios que profundicen en el conocimiento del funcionamiento de la laguna tanto en sus ciclos hídricos, biológicos y fisicoquímicos.

6.6- Bibliografía

- AA, AGOSBA, ILPLA, SHN, 1997. "Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur del Rio de la Plata (San Fernando-Magdalena)", Consejo Permanente para el Monitoreo de las Aguas de la Franja Costera Sur del Rio de la Plata, Buenos Aires. 119 pp.
- ADA (Autoridad del Agua), 2003. Resolución ADA 336/2003: "Parámetros de Calidad de las Descargas Admisibles". Disponible en: <http://www.ada.gba.gov.ar/normativa>.
- ADA (Autoridad del Agua), 2006. Resolución ADA 42/2006: "Criterios de Calidad de Agua para la Franja de Jurisdicción Exclusiva Argentina del Rio de la Plata y su Frente Marítimo". Disponible en: <http://www.ada.gba.gov.ar/normativa>.
- ADA (Autoridad del Agua), 2012. "Síntesis del Proceso Preparatorio para la Elaboración del Taller de un Plan de Gestión Integral de la Cuenca del Arroyo del Gato". La Plata. 25pp.
- Aguilera, A.; Salerno, G. y Echenique, R., 2013. "Estudio de la dinámica del fitoplancton de la laguna Los Patos (Ensenada, Buenos Aires)". Jornada; Jornadas Argentinas de Botánica, La Plata.
- APHA, 1998. "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater". Clesceri L. S., Greenberg A. E. and Eaton A.D (Eds.). American Public Health Association - American Water Works Association - Water Pollution Control Federation, Maryland.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. & Faulkner, C., 1999. "Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish". 2nd Ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Bellinger, E.G. & Sigeo, D.C., 2010. "Freshwater algae-Identification and use as bioindicators". Wiley-Blackwell, USA, 271 p.

- Camargo J., Alonso A., Salamanca A., 2005. "Nitrate Toxicity to Aquatic Animals: A Review with New Data for Freshwater Invertebrates". Madrid. *Chemosphere* 58: 1255 - 1267.
- Cano L., Fabiano I., Elisio S., Elordi L., Primost J. y Andrinolo D., 2015. "Calidad de Aguas Superficiales en la Región Costera de La Plata y alrededores". En *Contaminación Costera e Hídrica en Argentina*, Tomo III, Allende, Puliafito y Panogatti (Eds), Universidad Tecnológica Nacional.
- Catoggio, J. A., 1990. "Contaminación del Agua. Causas de la Contaminación de Aguas Superficiales y Subterráneas". Fundación J.E. Roulet- Fundación Nauman. CABA, p. 137-155.
- CENTA, 2006. "Guía sobre Tratamientos de Aguas Residuales Urbanas para Pequeños Núcleos de Población". Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua. Sevilla, 128 pp.
- Chapman, D., 1996. "Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring". Second Edition. UNESCO/WHO/UNEP. University of Cambridge Press. Cambridge, 609 pp.
- Colombo, J.C., Khalil, M.F., Horth, A.C., Catoggio, J.A., 1990. "Distribution of Chlorinated Pesticides and Individual Polychlorinated Biphenyls in Biotic and Abiotic Compartments of the Rio de la Plata, Argentina". *ES&T* 24:498-505.
- Coletti C., Testezlaf R., Ribeiro T., de Souza R. and Pereira D., 2010. "Water quality index using multivariate factorial analysis". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.5, p.517-522.
- Dangavs, N.V., 2005. "Los Ambientes Acuáticos de la Provincia de Buenos Aires". En: R. E. Barrio, R. O. Etcheverry, M. F. Caballé and E. Llambías (Eds), *Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino*, La Plata, p. 219-236.
- Darrigran, G., A. Vilches, T. Legarralde y C. Damborenea, 2007. "Guía para el estudio de macroinvertebrados: I-Métodos de colecta y técnicas de fijación". ProBiota, FCNyM, UNLP. La Plata, Argentina. 86 pp.
- Del Giorgio, P., Vinocur, A., Lombardo, R., Tell, R., 1991. "Progressive Changes in the Structure and Dynamics of the Phytoplankton Community Along a Pollution Gradient in a Lowland River. A Multivariate Approach". Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. CABA. *Hidrobiología* 224:129154.
- Domínguez, E. y Fernández, H.R. (ed.), 2009. "Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología". 1°ed. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656pp.
- Facultad de Ingeniería UNLP, 2013. "Estudio sobre la Inundación Ocurrida los Días 2 y 3 de Abril de 2013 en las Ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada". Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Departamento de Hidráulica. La Plata. 68pp. y anexos.
- Fernandez M. C., Alcantara A. A., Garcia M. E., 2001. "Transmisión Fecohídrica y Virus de la Hepatitis A". *Higiene y Sanidad Ambiental*. Granada. 1: 8-18.
- Grosman, F., 2008. "Espejos en la llanura: Nuestras lagunas de la región pampeana". Editorial Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Hederra R., 1996. "Manual de Vigilancia Sanitaria". Organización Panamericana de la Salud, PALTEX. Washington, 144 pp.
- Hernandez, M., Gonzalez, N., Cabral, M., Gimenez, J.E., Hurtado, M., 2003. "Importancia de la Caracterización Física del Riesgo Hídrico en la Llanura Húmeda". Capítulo 9, en: *Inundaciones en la Región Pampeana*, Ed. UNLP y HCD PBA. La Plata, 16pp.
- Hill, M., 2010. "Understanding Environmental Pollution". Tercera Edición. Cambridge University Press. Cambridge. Capítulo 9: Water Pollution, 236-283p.
- Hilsenhoff, W.L., 1988. "Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index". *The North American Benthological Society* 7(1): 65-68
- Kuhlmann, M.L., G. Johnscher Fornasaro, L.L. Ogura y H.R.V. Imbimbo, 2012. "Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentónicas de ríos e reservatórios do Estado de São Paulo". CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 113 pp.
- Lopretto, E. C. y Tell, G., 1995. "Ecosistemas de aguas continentales". Ediciones Sur.

- Madigan M., Martinko J., Parker J., 2004. "Brock: Biología de los Microorganismos", 10a edición, Pearson-Prentice Hall. Madrid, 19: 624-686.
- Manahan, S.E., 2007. "Introducción a la Química Ambiental". Editorial Reverte S.A. México D.F., 725pp.
- Martin, M., 2011. "Caracterización y Fotoquímica de Sustancias Húmicas de Diferentes Orígenes". Tesis de Doctorado en Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. La Plata. 126pp.
- Metcalf and Eddy, 2013. "Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery". McGraw Hill Education. London, 2048 pp.
- Moore J. E., Heaney N., Millar B. C., Crowe M., Elborn J. S., 2002. "Incidence of Pseudomonas Aeruginosa in Recreational and Hydrotherapy Pools". Communicable Disease and Public Health. Belfast. 5: 23 - 26.
- Natale O., 1998. "Agua. Problemática Regional. Enfoques y Perspectivas en el Aprovechamiento de Recursos Hídricos". Editorial Universitaria de Buenos Aires. CABA, 33-49.
- NSF, 2007. "Field Manual for Water Quality Monitoring". National Sanitation Foundation. Disponible en <http://www.nsf.org>.
- OECD, 1982. "Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control". Cooperative Programmers on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate, Reporte Final. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- OPS, 2000. "Los Desastres Naturales y la Protección de la Salud". Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C.: OPS, xi, 131 p. (Publicación Científica, 575).
- Orozco Barrenetxea C., Perez Serrana A., Gonzalez Delgado M., Rodriguez Vidal F., Alfayate Blanco J., 2003. "Contaminación Ambiental. Una Visión Desde la Química". Editorial Thomsom. Barcelona, 679 pp.
- Orozco A., 2005. "Bioingeniería de Aguas Residuales". ACODAL. Bogota, 412 pp.
- Peluso, M. L., Ronco, A. E., & Salibián, A., 2013. "Toxicity and bioavailability of mercury in spiked sediments on *Hyalella curvispina*". International Journal of Environment and Health, 6(3):224-234.
- Pesce S.; Wunderlin D. (2000). "Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía river". Water Research 34: 2915 - 2926.
- Pizarro, H., Alemanni, M.E., 2005. "Variables Físico-químicas del Agua y su Influencia en la Biomasa del Perifiton en un Tramo Inferior del Río Lujan (Provincia de Buenos Aires)". CABA. Ecología Austral 15:73-88.
- PNUD, 2012. Proyecto PNUD - FREPLATA No. ARG/09 G46. "Calidad ambiental de las Cuencas de los Arroyos del Gato y Pereyra Provincia de Buenos Aires, Argentina". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La Plata. 252pp.
- Prat, N, Rios, B., Acosta, R. y Fernández, H.R., 2009. "Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas". [20] pp. 631-654 en: Domínguez, E. y Fernández, H.R. (ed.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. 1ºed. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656pp.
- Prescott L. M., Harley J. P., Klein D. A., 2004. "Microbiología". Mc Graw-Hill/Interamericana. Madrid. 1240 pp.
- Prescott, G.W., 1964. "How to Know The Fresh-Water Algae?". Brown, USA.
- Pulido M. A., Navia S. L. A., Torres S. M. E., Prieto A. C. G., 2005. "Indicadores Microbiológicos de Contaminación de las Fuentes de Agua". Bogota. Nova 3: 1 - 116.
- Quirós, R., 2005. "La ecología de las lagunas de las Pampas". Investigación y Ciencia, 1, 13.
- Rigacci, L., Giorgi, A., Vilches, C., Ossana, N., Salibian, A., 2013. "Effect of a Reservoir in the Water Quality of the Reconquista River, Buenos Aires, Argentina". Environmental Monitoring & Assessment. 185:9161-9168.
- Rodier, J., Geoffray, Ch., Kovasacsik, G., Laporte, J., Plissier, M., Scheidhauer, J., Verneaux, J., Vial, J., 1998. "Análisis de las aguas". Ediciones Omega S.A. Barcelona. Tomo I, 601 pp.

- Rodríguez-Capítulo, A. 1999. "Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de ambientes lóticos en el área pampeana". *Revista Sociedad Entomológica Argentina*, 58: 208-217.
- Rodríguez-Capítulo, A., M. Tangorra & C. Ocón, 2001. "Use of benthic macroinvertebrates to assess the biologist status of pampean streams in Argentina". *Aquatic Ecology*, 35:109-119.
- Rodriguez-Capítulo, A., Muñoz, I., Bonada, N, Gaudes, A. y S. Tomanova, 2010. "La biota de los ríos: los invertebrados. En: Conceptos y técnicas para el estudio de la ecología de ríos". A. Elosegui y S. Sabater (Eds).
- Ronco A., Porta A. y Roca A., 1992. "Las Aguas del Río Santiago. Otro Caso de Contaminación Urbano-industrial". *Ciencia Hoy*, vol. 4 No.19, 34-38.
- Ronco A., Sobrero C., Bulus Rossini G., 1993. "Pollution Studies in Rio Santiago Basin, Tributary of the Rio de la Plata Estuary: Preliminary Risk Assessment Evaluation". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 51:657-664.
- Ronco A., Camilion C., Manassero M., 2001. "Geochemistry of Heavy Metals in Bottom Sediments from Streams of the Western Coast of the Rio de la Plata Estuary, Argentina". *Environmental Geochemistry and Health*, 23:89-103.
- Ronco A., Peluso L., Jurado M., Bulus Rossini G., Salibian A., 2007. "Screening of Sediment Pollution in Tributaries from the Southwestern Coast of the Rio de la Plata Estuary". *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 15:67-75.
- Ronco A., Carriquiriborde P., Natale G. S., Martin M. L., Mugni H., Bonetto C., 2008. "Integrated Approach for the Assessment of Biotech Soybean Pesticides Impact on Low Order Stream Ecosystems of the Pampasic Region". En: *Ecosystem Ecology Research*, Nova Publishers. ISBN 978-1-604561-83-8, p. 209-239.
- Sabbione, N., Apartin, C., Sarochar, R., Andrinolo, D., Rodriguez, G., Cano, L., Berisso, F., Rossi, J., Ronco, A., 2015. "Hacia la Construcción de una Red de Monitoreo Hidrometeorológico en la Región de La Plata, Berisso y Ensenada, Provincia de Buenos Aires". IV Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica La Plata, Argentina.
- Sawyer, C., McCarty, P., Parkin, G., 2001. "Química para Ingeniería Ambiental". Cuarta Edición. McGraw Hill. Bogota, 716pp.
- Segnini, S., 2003. "El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente". *Ecotropicos*, 16(2), 45-63.
- SSRH, 2003. "Metodología para el Establecimiento de Niveles Guía de Calidad de Agua Ambiente para la Protección de la Biota Acuática". Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. CABA, 38 pp.
- SSRH, 2007. "Niveles Guía de Calidad". Subsecretaría de Recursos Hídricos. CABA, 63 pp.
- USEPA, 2002a. "Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwaters and Marine Organisms". United States Environmental Protection Agency. Fifth Edition.
- USEPA, 2002b. "Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwaters Organisms". United States Environmental Protection Agency. Fourth Edition.
- WHO (World Health Organization), 2008. "Guidelines for Drinking-water Quality" (3rd Edition). Geneva. 398pp.
- WHO (World Health Organization), 2009. "Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh Waters". Geneva. 220pp.
- Winkler, M., 1995. "Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho". Editorial Limusa. México D.F., 338 pp.
- WRC, 2012. "Calculating NSF Water Quality Index". Monitoring the Quality of Surfacewaters. Water Research Center. Disponible en línea: www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters. Ultima consulta: 2 de Noviembre de 2015