

ISABEL LÓPEZ (compiladora)

Amenaza, vulnerabilidad, riesgo y estrategias

Inundaciones por lluvia en el Gran La Plata


EduLP

debates

**Amenaza, vulnerabilidad, riesgo
y estrategias**

**Inundaciones por lluvia
en el Gran La Plata**

**Amenaza, vulnerabilidad, riesgo
y estrategias
Inundaciones por lluvia
en el Gran La Plata**

ISABEL LÓPEZ
(compiladora)



Amenaza, vulnerabilidad, riesgo y estrategias: inundaciones por lluvia en el Gran La Plata / Adriana Cuenca... [et al.]; compilación de Isabel Lopez. - 1a ed. - La Plata: EDULP, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-8475-08-0

1. Inundaciones. I. Cuenca, Adriana. II. Lopez, Isabel, comp.
CDD 363.3493

Amenaza, vulnerabilidad, riesgo y estrategias Inundaciones por lluvia en el Gran La Plata

ISABEL LÓPEZ
(*compiladora*)

Foto de tapa: Mariano Pérez Safontas



EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA (EDULP)
48 N° 551-599 4° Piso/ La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina
+54 221 44-7150
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales de las Universidades Nacionales (REUN)

ISBN 978-987-8475-08-0

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723
© 2021 - Edulp

A todos los vecinos de La Plata

Especialmente a las familias que sufrieron la pérdida de sus seres queridos en la inundación del 2 de abril de 2013. Pensando en ellos hemos trabajado y lo seguimos haciendo. Cumplimos el mandato de pertenecer a la Universidad pública.

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería en su Departamento de Hidráulica, IUDET Hidromecánica y en la persona de su Coordinador Ing. Sergio Liscia, que hizo posible esta publicación.

Los riesgos no se refieren a los daños producidos. No son lo mismo que destrucción. Sin embargo, los riesgos sí representan una amenaza de destrucción. El discurso de los riesgos empieza donde acaba nuestra confianza en nuestra seguridad y el concepto de riesgo, deja de ser relevante cuando ocurre la catástrofe potencial. El concepto de riesgo, por lo tanto, caracteriza un peculiar estado intermedio entre la seguridad y la destrucción, en el que la percepción de los riesgos que nos amenazan determina el pensamiento y la acción.

En *La sociedad del riesgo global*. Ulrich Beck (2006, pág. 214)

Índice

Presentación	15
Prólogo	35
Caracterización de La Plata, Berisso y Ensenada (Gran La Plata)	
<i>Isabel López y Juan Carlos Etulain</i>	
CAPÍTULO 1	45
Cartografía de riesgo: mapas temáticos, métodos y resultados	
<i>Mirta Cabral, Daniel Muntz, Edgardo Giani</i>	
<i>y Carlos Sánchez</i>	
CAPÍTULO 2	75
Inundación urbana de la ciudad de La Plata en abril de 2013.	
Riesgo hídrico por inundación – mapas de peligrosidad	
<i>José Luis Carner</i>	
CAPÍTULO 3	99
Riesgo de inundación en zonas urbanas y estrategias de mitigación	
y adaptación. Aspectos teórico-metodológicos y propositivos	
<i>Isabel López y Juan Carlos Etulain</i>	
<i>Colaboradores: Estefanía Jáuregui y Tomás Reinoso</i>	
CAPÍTULO 4	133
Propuestas metodológicas para un abordaje del análisis de riesgo	
en la cuenca del Arroyo Regimiento	
<i>Beatriz Plot, Andrea A. Pérez Ballari, María Inés Botana,</i>	
<i>Mariano Pérez Safontas, Tamara Sánchez Actis,</i>	
<i>Daniela Nieto, Luis Adriani, Matías Donato Laborde,</i>	
<i>Luis Santarsiero, Juan Cruz Margueliche</i>	

CAPÍTULO 5	159
Monitoreo de variables meteorológicas en la región	
<i>Nora C. Sabbione</i>	
CAPÍTULO 6	191
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	
<i>Carina D. Apartin y Darío Andrinolo</i>	
CAPÍTULO 7	225
Actores significativos que intervinieron en la Inundación del 2 de abril: análisis de los relatos, reclamos, acciones y prácticas colectivas	
<i>Adriana Cuenca, Susana Lozano,</i>	
<i>María Valeria Branca y Agustín Cleve</i>	
CAPÍTULO 8	245
Inundaciones en la región: vulnerabilidad y derechos.	
Acceso a la información pública y a la justicia	
<i>José Orlor y María de las Nieves Cenicacelaya</i>	
CAPÍTULO 9	265
Las TICs y las redes meteorológicas	
<i>Luis Marrone, Néstor Castro, Matías Pagano</i>	
<i>y Eliana Sofía Martin</i>	
CAPÍTULO 10	283
Conclusiones y reflexiones emergentes	
<i>Alicia Ronco, Isabel López, Mirta Cabral, José Luis Carner,</i>	
<i>Juan Carlos Etulain, Beatriz Plot, Carina Apartin, Nora Sabbione, José Orlor, Adriana Cuenca y Luis Marrone</i>	
Sobre los autores	297

CAPÍTULO 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

Carina D. Apartin y Darío Andrinolo

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 en que se encuentre o atravesase, 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 óxido-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 oxidoreducción, 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 que “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 la depositación atmosférica (Hill, 2010).

Existe una variedad muy grande de posibles agentes contaminantes, de los cuales 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).

Los parámetros físicos incluyen temperatura, conductividad y presencia de sólidos tanto disueltos como en suspensión. Las modificaciones de estos parámetros nos explican la dinámica del curso de agua, indicando en algunos casos la existencia de vuelcos al cuerpo receptor (CENTA, 2006).

Los parámetros químicos pueden caracterizarse de acuerdo con su estructura en orgánicos e inorgánicos, ambos pueden encontrarse en el medio por causas naturales o por actividad antrópica. Los orgánicos son generalmente de origen vivo o derivados del petróleo (Orozco; 2005, Martin, 2011). Los compuestos inorgánicos por un lado nos indican las características y calidad del curso estudiado (oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y dureza) (APHA, 1998; Sawyer et

al., 2001; Orozco Barrenetxea et al., 2003), mientras que otros, si bien se encuentran en el agua en forma natural, son un importante indicador de fuentes puntuales y difusas de contaminación, como nitritos, amonio y fosfatos como indicadores de descarga cloacal, y nitratos como indicadores de contaminación por fertilizantes que se incorporan al medio por escorrentía (Winkler, 1995; *Madigan et al., 2004; Camargo et al., 2005*).

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 (*Fernández et al., 2001; Moore et al., 2002; Prescott et al., 2004; Pulido et al., 2005*).

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 ensamblajes 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).

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, cuerpo 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 subdimensionadas 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 fisicoquímica, 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. Asimismo 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 peri industrial, 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.

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

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 continúa generando conflictos por pro-

blemas 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 aledaña 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 (*Hernández 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. Asimismo 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.

Monitoreo de los cursos de agua

Diseño del monitoreo de los cursos de agua, parámetros analizados y tratamiento de los datos

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 cada arroyo, 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, figura 1).

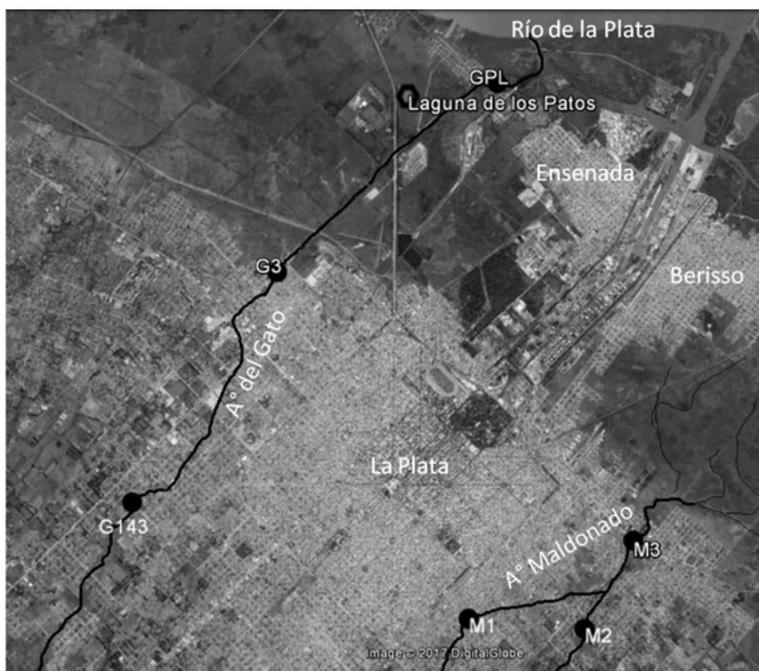


Figura 1- Localización geográfica de los sitios (fuente: googleEarth)

En líneas generales, para ambos arroyos, los sitios más cercanos a las nacientes conservan vegetación acuática y cierto grado de transparencia del agua, a pesar de mostrar una alta urbanización y desarrollo agrario, por lo que son sitios de interés para evaluar la calidad del agua, la cual podría estar recibiendo aportes de contaminantes por descargas cloacales clandestinas y agroquímicos por escorrentía superficial. Otros sitios escogidos se ubicaron donde existen asentamientos en las planicies de inundación, en estos sitios interesa conocer la calidad microbiológica del agua y otros aportes de origen cloacal 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.

En la región costera del Río de la Plata, existe una amplia zona que actualmente funciona de buffer entre el sector turístico y semi-rural 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. La Laguna de Los Patos, centro funcional del área buffer ampliamente utilizada con fines de pesca recreativa, avistaje de aves y recreación, cuenta con un gran potencial como área de recreación, conservación y educación ambiental

Tanto las muestras de agua, sedimento y biota extraídas como los procesamientos y determinaciones analíticas de contaminantes, fito y zooplancton, se realizaron de acuerdo con normativas internacionales o metodología citada en bibliografía (APHA, 1998; Barbour et al., 1999; USEPA, 2002a; USEPA, 2002b; Darrigran et al, 2007 y Kuhlmann et al, 2012). Así se determinaron parámetros in situ (temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), alcalinidad, dureza, sólidos totales (ST), sólidos disueltos totales (SDT), nitratos, fósforo reactivo soluble (PRS), fósforo total (PT), bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales. Solamente en la laguna se evaluó, además de estos parámetros, fitoplancton y macroinvertebrados bentónicos y asociados a *Pistia stratiotes* (macrófita flotante conocida con el nombre vulgar de “repollito de agua”).

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 (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.

Resultados

Arroyo Maldonado

Distribución temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos in situ

Los valores de temperatura máximos y mínimos registrados corresponden a la variación estacional, sin embargo durante todo el monitoreo se observaron valores mayores en el sitio con posible impacto cloacal (M3), ya que es indicio del aporte de aguas servidas en el cuerpo de agua receptor (*Metcalf & Eddy, 2013*), lo que estos resultados indicarían es que en la zona aledaña y/o inmediatamente aguas arriba al sitio puede haber conexiones clandestinas de efluentes cloacales a los pluviales que vuelcan al arroyo.

La conductividad presentó valores 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 de un valor levemente ácido que 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 aceptable para uso recreativo (10 mgO₂/L, *ADA, 2006*), con cambios estacionales de acuerdo con 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*).

Distribución temporal y espacial de los parámetros químicos y microbiológicos

Alcalinidad, dureza, calcio y magnesio: fueron valores variables, correspondiendo de acuerdo con 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 con el contenido de sólidos totales.

DBOs: 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 fósforo 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.

Arroyo del Gato

Distribución temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos in situ

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 G143 y G3, aunque no con el sitio GPL, ya que éste tiene influencia del Río de la Plata debido a que se encuentra en la 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 200 mm 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 G143 (*Del Giorgio et al., 1991*).

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

Distribución temporal y espacial de los parámetros químicos y microbiológicos

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 $400 \pm 100 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$.

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 G143 y G3.

Fósforo total: todos los valores detectados de fósforo se encuentran por encima del nivel guía nacional e internacional propuesto para aguas de uso recreativo ($100 \mu\text{gP}/\text{L}$) (*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 ($>100 \mu\text{gP}/\text{L}$) (*OECD, 1982*).

Nitratos: casi todas las concentraciones de nitratos superaron el valor de $0,1 \text{ mgNO}_3^-/\text{L}$ esperado para aguas superficiales naturales (*Chapman, 1996*), y algunas de ellas superaron el límite aceptable de $10 \text{ mgNO}_3^-/\text{L}$ 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 G143 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 las obras de encauzamiento, las concentraciones encontradas en los sitios G143 y G3 se mantienen constantes. Esto podría relacionarse con que la intervención del encauzamiento con cementación de márgenes y lecho produce la consecuente pérdida de vegetación y filtrado natural del sistema.

Parámetros microbiológicos: durante todo el monitoreo se registraron valores de bacterias coliformes totales y fecales variables entre los sitios, 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 NMP/100ml, establecido por la Organización Panamericana de la Salud para aguas de uso recreacional con contacto primario (*Hederra, 1996*). Los niveles guía nacionales de calidad de aguas para fuentes de provisión de agua de bebida humana para posterior tratamiento convencional (*SSRH, 2007*), establecen para coliformes totales <5000 NMP/100 ml y fecales <1000 NMP/100ml, en el estudio de este curso de agua 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.

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 muestran 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 G143:48±8, sitio G3:47±7; sitio GPL: 51±9), no viendo diferencias significativas entre los sitios.

Dinámica del arroyo, impacto de las precipitaciones sobre la calidad del agua

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos planteados en el proyecto PIO 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 G143 y G3 del A° del Gato, que presentaban diferencias significativas, en función de la acumulación de precipitaciones 7 días y 15 días previos a la fecha de muestreo. 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 G3. 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. 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 cómo sería el comportamiento de otro tipo de sustancias contaminantes.

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.

Los niveles de bacterias coliformes totales y fecales en agua de la laguna están entre 40 y 2000 NMP/100 ml, 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 taxa distribuidos en 5 Phyla, 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, en el bentos presentó el menor número de taxa (17 totales) de los cuales Annelida presentó el mayor porcentaje de los individuos, seguido por Mollusca y Nematoda; mientras que en *P. stratiotes* se encontraron 34 taxa, siendo el Phylum Arthropoda el que presentó el mayor porcentaje acumulado de individuos 91,84% (Domínguez y Fernández, 2009; Lopretto y Tell, 1995). Por otro lado, se hallaron 28 taxa de fitoplancton distribuidos en las clases Bacillariophyceae (46%), Cyanobacteria (14%), Chlorophyceae (29%) y Euglenophyceae (11%), con 13, 9, 4 y 3 taxa, respectivamente (Bellinger & Sigee, 2010).

Se halló una importante diferencia en cuanto a los macroinvertebrados bentónicos y los asociados a la vegetación; no solo relacionada con la abundancia de taxa sino también en cuanto a la sensibilidad a la posible 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 taxa en el bentos indicarían que el sedimento presenta una concentración de materia orgánica alta, mientras que la diversidad de macroinvertebrados asociados a *P. stratiotes* está compuesta por taxa que son sensibles y medianamente tolerantes a la contaminación orgánica como es el caso de los siguientes Artrópodos;

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 taxa con hábitos depredatorios 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).

En febrero de 2016 se realizó una visita a la laguna con el objeto de estudiar la flora existente, dicha tarea se realizó en conjunto 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 esta última, además de la Lic. en Botánica Matilde Zúcaro, quienes realzaron 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.

Consideraciones generales

Respecto a la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los arroyos, se observa en la mayoría de los casos que los resultados obtenidos siguen un comportamiento similar al de otros arroyos de la región. Ello de acuerdo con 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 fisicoquímicos, la diferencia de temperatura del agua observada en el sitio M3, que en todas las campañas resultó 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 con 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, 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. Además a través de la aplicación de un análisis estadístico (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 (Coletti et al., 2010).

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, pátinas 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 (figura 2). 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.

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 media a mala 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).

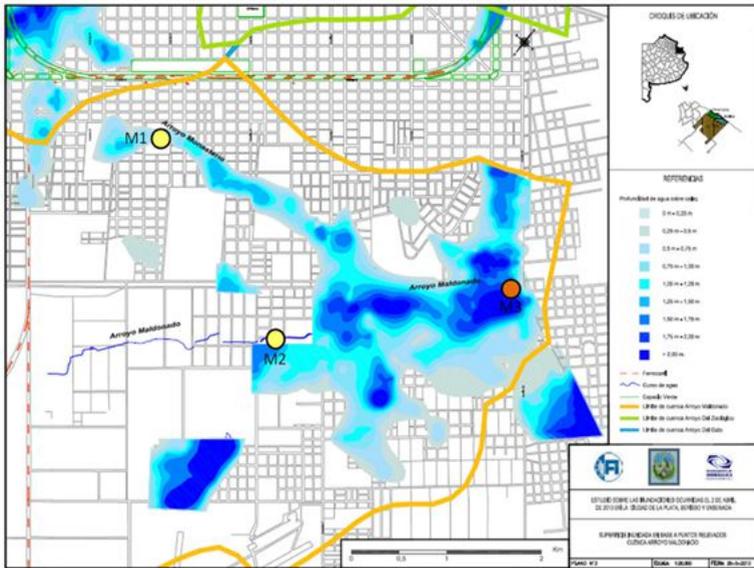


Figura 2: calidad de agua en el A° Maldonado y su relación con el peligro de inundación.

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, que resultó 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 encauzamiento del arroyo, verificando que antes de producirse la obra la concentración del nitrato proveniente de la zona de cultivos en el sitio G143, disminuía al

evaluar los sitios G3 y GPL 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 3).

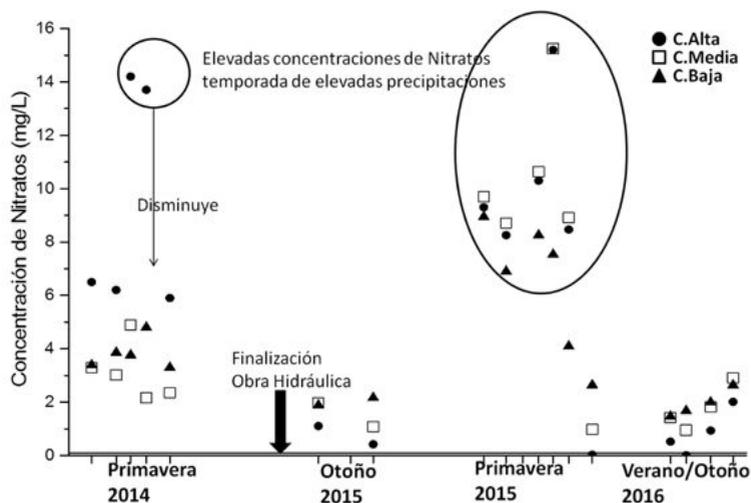


Figura 3: distribución de la concentración de nitratos en el A° del Gato durante el período de estudio. Se señala la finalización de la obra estructural y el cambio de tendencia en la distribución de este compuesto en el agua.

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.

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 necesitará 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 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 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.

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 cartelería 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 serían:

- 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
- Cartelería educativa y de información al público

Posteriormente, se avanzará en:

- Promover la educación ambiental mediante información sobre la importancia de los humedales, elaboración de cartelería, página Facebook, otros. Destinado a vecinos y visitantes
- Mantener limpieza y orden en la parte delantera de la laguna

- Caracterización de la 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.

Reflexiones finales

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. 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.

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. Una propuesta es la utilización de un Índice de Calidad simplificado, que se determina con parámetros fisicoquímicos *in situ* y microbiológicos, para obte-

ner una caracterización rápida y robusta de calidad de un cuerpo de agua superficial, necesaria 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, asociado al olvido de políticas públicas tendientes a una efectiva conservación de los recursos y una mejora de la calidad de vida.

El hecho de no respetar los cauces y cuerpos de agua por una finalidad extractiva y/o como reservorio de aguas grises lleva a la pérdida completa de los servicios ecosistémicos y en momentos cruciales como las inundaciones, son ineficaces para evitar daños a la propiedad, incluso algunas muertes, principalmente porque el mal manejo lleva a la presencia de obstáculos a la circulación natural del agua a través de su cauce, provocando una situación más compleja. Esta pérdida de funcionalidad es evidente en el caso del arroyo del Gato donde se aprecia claramente la pérdida de la función depuradora del arroyo luego de ser encauzado con cemento en su base y laterales eliminando de las orillas su vegetación natural.

La propuesta de entubar cauces ocurre, por lo regular, cuando el nivel de deterioro es tal que no permite provocar su recuperación, luciendo como un basural y emitiendo olores nauseabundos. Sin embargo, el entubarlos no siempre es la mejor decisión dado que:

- no es lo más práctico, sencillo, ni económico;
- se pierden los servicios ecosistémicos el paisaje, el microclima, flora y fauna autóctona por la pérdida de su hábitat natural.

Es de remarcar que la tendencia mundial es a desentubar, respetar los cauces de los arroyos y ríos, así como remediar y conservar humedales. Al no perder o recuperar estos ambientes las ciudades ganan mayor habitabilidad, con espacios más acordes con la naturaleza, además, se pueden hacer parques lineales con áreas verdes que funcionan como amortiguadores de las crecidas abruptas de agua por tormentas extremas evitando en parte las consecuencias de las inundaciones.

Uno de estos espacios importante a conservar es la Laguna Los Patos, ya que ésta 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.

Bibliografía

- AA, AGOSBA, ILPLA, SHN, (1997). Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río de la Plata (San Fernando-Magdalena), Consejo Permanente para el Monitoreo de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río 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 Río 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. 25 pp.
- 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 pp.
- 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.
- Cattoglio, 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., Cattoglio, J.A., (1990). "Distribution of Chlorinated Pesticides and Individual Polychlorinated Biphenyls in Biotic and Abiotic Compartments of the Río 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, pp. 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, pp. 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.
- DelGiorgio, 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 Occurrida 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. 68 pp. y anexos.
- Fernández M. C., Alcántara A. A., García 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.

- Hernández, M., González, N., Cabral, M., Giménez, 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, 16 pp.
- Hill, M., (2010). *Understanding Environmental Pollution*. Tercera Edición. Cambridge University Press. Cambridge. Capítulo 9: Water Pollution, 236-283 pp.
- 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., 725 pp.
- 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. 126 pp.
- 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 pp. (Publicación Científica, 575).
- Orozco Barrenetxea C., Pérez Serrana A., González Delgado M., Rodríguez 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 *Hyaella 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. 252 pp.
- 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. 1°ed. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656 pp.
- Prescott L. M., Harley J. P., Klein D. A., (2004). Microbiología. Mc Graw-Hill/Interamericana. Madrid. 1240 pp.
- 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”. Bogotá. 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., Geoffroy, Ch., Kovascsik, 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 Río 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 Río 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 Río 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, pp. 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. Bogotá, 716 pp.
- Segnini, S., (2003). “El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente”. *Ecotrópicos*, 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, (2002) a. “Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwaters and Marine Organisms”. United States Environmental Protection Agency. Fifth Edition.
- USEPA, (2002) b. 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), (2009). Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh Waters. Geneva. 220 pp.
- 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. Última consulta: 2 de Noviembre de 2015.