

Gestión y uso de agua pluvial en barrios privados o clubes

Luis Enrique Fauroux, Universidad Nacional de La Matanza, lfauroux@unlam.edu.ar

Pablo A. Espiñeira, Universidad Nacional de La ^{Matanza}

Degaetani Omar Jorge, Universidad Nacional de La Matanza

Bella, Martín Maximiliano Universidad Nacional de La Matanza

Nicolás Fabrizio Fenoglietto, Universidad Nacional de La Matanza

Resumen— El agua es un recurso natural escaso, es en virtud de esta problemática que el presente proyecto tiene como objeto gestionar herramientas para su administración y mejor aprovechamiento. La investigación se centra en el uso de agua para servicios secundarios, dentro de barrios cerrados, y clubes. Se analizarán los planos existentes, y se hará una valoración técnica, y económica, para la implementación de la propuesta. El interés de minimizar el uso de agua corriente, o de la extracción de napas subterráneas, es un desafío, ya que es un recurso de alta demanda, por lo que se recurre a su almacenamiento en lagunas, lo que implica mantener una especial atención en su cuidado y mantenimiento. El resultado esperado es ofrecer un manual como herramienta de gestión, uso y cuidado del recurso. El análisis se hará en base al régimen pluvial histórico y los valores de demanda conocidos. Esto permitirá saber el beneficio potencial a obtener. Se realizarán los análisis sobre muestras del agua recolectada, y se estudiarán los métodos de acondicionamiento necesarios según sea el destino probable del recurso.

Palabras clave— *gestión, agua, barrio.*

1. Introducción

Basados en los resultados publicados del proyecto CyTMA2 C2-ING-021, “Diseño de un sistema de tratamiento de agua pluvial a baja escala.” (2015-2016), se decidió continuar durante el período (2017-2018) en esa línea de investigación, ahora en una escala un tanto mayor. Es así, que los miembros del equipo de investigación propusieron, para la gestión y uso del agua pluvial como recurso alternativo, lugares como barrios cerrados y clubes. De esta manera, se tomó contacto con un barrio cerrado interesado en la implementación de sistemas como el propuesto, habida cuenta de sus problemas en el mantenimiento de las aguas superficiales. El barrio presenta distintas secciones, y realizan distintas tareas, donde se puede desarrollar la investigación, como ser la remediación de lagunas, el riego de espacios comunes, canchas de golf, canalización, etc.

2. Análisis geográfico y situación

El proyecto comenzó con un relevamiento de las instalaciones, la confección una lista de tareas que involucren el agua en usos secundarios, su fuente de alimentación, y el estado del recurso almacenado. En función de estos datos, el equipo de investigación estudió distintas alternativas, con vistas de confeccionar propuestas para la remediación, y el mantenimiento del agua.

El barrio cerrado en estudio se encuentra en el partido de Escobar (zona norte del Gran Buenos Aires), cuyo administración manifestara interés en analizar las propuestas del equipo, y considerar la factibilidad y viabilidad su implementación. El establecimiento cuenta con instalaciones recreativas, cancha de golf, y lagunas como reservorio. Las problemáticas existentes del barrio cerrado son varias, si bien recuperan agua pluvial en las lagunas y mantienen un sistema de desborde para evitar el anegamiento, varias de las mismas presentan signos de eutrofización, por este motivo el equipo comenzó relevando la planimetría, es decir los niveles de ubicación, que se hallan directamente relacionados con el escurrimiento, y circulación del agua. Este es un factor fundamental para estudiar la recolección de agua pluvial, y su posterior distribución [1, 2, 3].



Figura 1. Vista aérea del barrio cerrado en estudio

Su sistema general de funcionamiento, resultaba ineficiente [6, 7]. Por un lado, según lo informado por ellos mismos, su sistema no lograba coleccionar gran parte del volumen de agua pluvial, escurriendo sin ser aprovechado, por lo que recurren al bombeo desde napas

subterráneas para cubrir sus necesidades. Además, manifestaron tener problemas con la calidad del agua almacenada.

El barrio cerrado bajo análisis presenta una superficie de 256 hectáreas. El mismo presenta una serie de lagunas interiores, las cuales forman parte del campo de golf, y un lago artificial vinculado, mediante un canal, al Río Paraná de la Palmas. No posee red cloacal, ni tampoco de agua potable. Los efluentes cloacales son vertidos al suelo a través de pozos absorbentes, cámaras sépticas, o biodigestores con cámaras de infiltración. El agua de consumo humana es provista por el recurso subterráneo. Los pozos semi-surgentes presentan perforaciones de aproximadamente 60 metros de profundidad, en coincidencia por el acuífero “Puelche”.

En el presente relevamiento, fueron considerados los cuerpos de agua, o lagunas interiores, de más de 0,10 hectáreas, siendo la mayor de 2,37 hectáreas. En tales condiciones, se apreciaron 12 lagunas, con una superficie total de 5,68 hectáreas.



Figura 2. Espejos de agua relevados

Estas lagunas son alimentadas por el escurrimiento superficial del agua de lluvia caída sobre el propio barrio y, en especial sobre la superficie ocupada por el campo de golf. La regulación del volumen almacenado en cada cuenco se debe a evaporación, infiltración, escorrentía directa superficial, y al aporte directo al agua meteorológica. Además, el barrio presenta un lago artificial, que cruza al mismo en sentido Este-Oeste, y presenta una superficie de 33,3 hectáreas. El nivel del mismo se encuentra regulado por una compuerta, que lo vincula con una canal sin revestir, el cual descarga al río Paraná de la Palmas. El agua escurre por terreno natural, zanjas, y badenes. En el caso particular de las áreas residenciales, 53 hectáreas ubicadas sobre la margen norte del lago, aportan por completo al lago. Las áreas residenciales ubicadas sobre la margen sur del lago (58 hectáreas), aportan parte del pluvial hacia las lagunas del campo de golf, y en forma indirecta al lago artificial.

Las observaciones realizadas en el lugar, indicaron la ausencia de un plan de fertilización sistematizado, inadecuado, sin datos de calidad de suelo, plantas de tratamiento de efluentes

colapsadas, y crecimiento no controlado de *lemna Minor*, también conocida como “lenteja de agua” (Figura 3).



Figura 3. *lemna Minor* (lentejas de de agua), en las lagunas del barrio cerrado

Por consiguiente se decidió que el siguiente paso fuera el análisis de las superficiales, y subterráneas, con el fin de conocer las causas de la eutrofización de las lagunas y, así, poder elaborar un plan de trabajo-

3. Análisis de aguas

Si bien la eutrofización es un proceso natural, que se produce lentamente en todos los lagos y lagunas del planeta, la actividad antrópica acelera este proceso, hasta convertirlo muchas veces, en un grave problema de contaminación [4, 5]. Las principales fuentes de eutrofización son los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos, los desechos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos. Las lagunas en cuestión, son alimentadas por las lluvias, el efluente de las plantas de tratamiento, y las napas subterráneas, por lo que fue necesario contar con el análisis químico del agua que las alimenta. Se seleccionaron, mediante inspección ocular, lagunas testigo. Así, se solicitaron análisis de los pozos de extracción cercanos a las mismas. Una advertencia de problemas son las concentraciones de referencia para el ión nitrato (NO_3^-) entre los 25mg/l y los 50 mg/l, ya siendo un indicador de contaminación si son superiores a este límite [8]. Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l de fosfato – fósforo ($\text{PO}_4 - \text{P}$) en el agua corriente, y entre 0,005-0,01 mg/l en aguas tranquilas

[9]. Tomando el factor de conversión de 3,065, este límite queda en 0,031mg/l expresado en fósforo total. En el mismo sentido, y con el objeto de establecer el estado aeróbico o anaeróbico de las lagunas, se tomaron durante 2017, mediciones de acidez y oxígeno disuelto en varios puntos, de manera de determinar los sectores con poco movimiento de agua, dados por su bajo nivel en oxígeno. En una segunda etapa estas mediciones se utilizarán con vistas a una posible automatización, de manera tal que el proceso de aireación se realice en el momento que sea necesario.



Figura 4. Ubicación de los pozos freáticos

Considerando que la relación entre la el volumen de agua caída, respecto del volumen de agua precipitada, es de 22%, el aporte de agua de escurrimiento superficial sobre lago y lagunas internas alcanzarían aproximadamente los 554.000 m³/año. Los mapas de valores normales de precipitación correspondiente a la serie 1960-2011, publicados por el INTA.

Tabla 1 - Precipitación anual en la zona (INTA 1960 – 2011)

Ene	Feb	Mza	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
105	100	105	80	60	55	65	60	70	110	100	90	1000
10,5%	10%	10,5%	8%	6%	5,5%	6,5%	6%	7%	11%	10%	9%	100%

Fuente: http://climayagua.inta.gob.ar/estad%C3%ADsticas_de_precipitaciones

Resultando entonces, de este análisis desde el punto de vista hidrológico, que el sector bajo estudio se ubica prácticamente sobre la isohieta de 1000 mm de precipitación media anual. Esto nos permite estimar que el volumen de agua caída sobre la superficie del barrio es de 2.560.000 m³/año. De los cuales 56.800 m³/año, lo hace directamente sobre las lagunas interiores y 333.000 m³/año sobre el lago interior. El resto del agua de lluvia, sigue el camino del ciclo hidrológico: retención, intercepción, evaporación, infiltración. El excedente, escurre

superficialmente hacia los puntos bajos de la cuenca del barrio (lagunas y lago). Si se considera el mes de octubre como el más lluvioso del año, el volumen aportado sobre el lago y lagunas sería de 61.000 m³/mes. Mientras que en el mes de junio, el volumen aportado sería de unos 30.000 m³/mes. Es decir que un incremento de 160 mm, en la altura del pelo de agua del lago, y lagunas, permitiría almacenar toda el agua precipitada durante el mes más lluvioso, sin ningún tipo de uso consuntivo del agua. Para tener en cuenta, considerando que la descarga de un inodoro es de aproximadamente 20 litros de agua, un eficiente manejo del agua de lluvia permitiría realizar más de 1.500.000 de estos usos mensuales, o mantener abiertas, en forma continua, 50 canillas de servicio durante todo un mes.

El incremento en la carga de nutrientes sobre las lagunas, se debe generalmente a las aportes de fosfatos y nitratos. En particular, en los cuerpos de agua dulce, el factor limitante para la vegetación es el fosfato. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo, y es arrastrado por la erosión generada por el escurrimiento superficial. Las mediciones realizadas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Concentraciones de Nitratos y Fósforo total en las napas freáticas

	Nitratos (límite 25 mg/l)	Fósforo Total (límite 0,031 mg/l)
Freatímetro N° 1	33,4 mg/l	0,9 mg/l
Freatímetro N° 2	27,2 mg/l	0,16 mg/l
Freatímetro N° 3	25,9 mg/l	0,08 mg/l
Freatímetro N° 4	28,1 mg/l	0,12 mg/l
Freatímetro N° 5	24,6 mg/l	0,95 mg/l
Freatímetro N° 6	24,8 mg/l	0,17 mg/l
Freatímetro N° 7	27,3 mg/l	0,09 mg/l
Freatímetro N° 8	25,5 mg/l	0,85 mg/l
Freatímetro N° 9	28 mg/l	0,08 mg/l
Freatímetro N° 10	25,9 mg/l	0,12 mg/l
Freatímetro N° 11	26,2 mg/l	0,09 mg/l
Freatímetro N° 12	25,6 mg/l	0,09 mg/l
Freatímetro N° 13	24,8 mg/l	0,13 mg/l
Freatímetro N° 14	27,7 mg/l	0,43 mg/l

Del análisis de las napas freáticas surge la existencia de un exceso de fertilizantes, y en base a los resultados, se analizaron medidas complementarias con vistas al saneamiento, y manutención sustentable de las lagunas. En este sentido, para la clarificación por eliminación de materia orgánica en suspensión, pueden ser sembradas diversas especies ictícolas [10] como las de Figura 5.

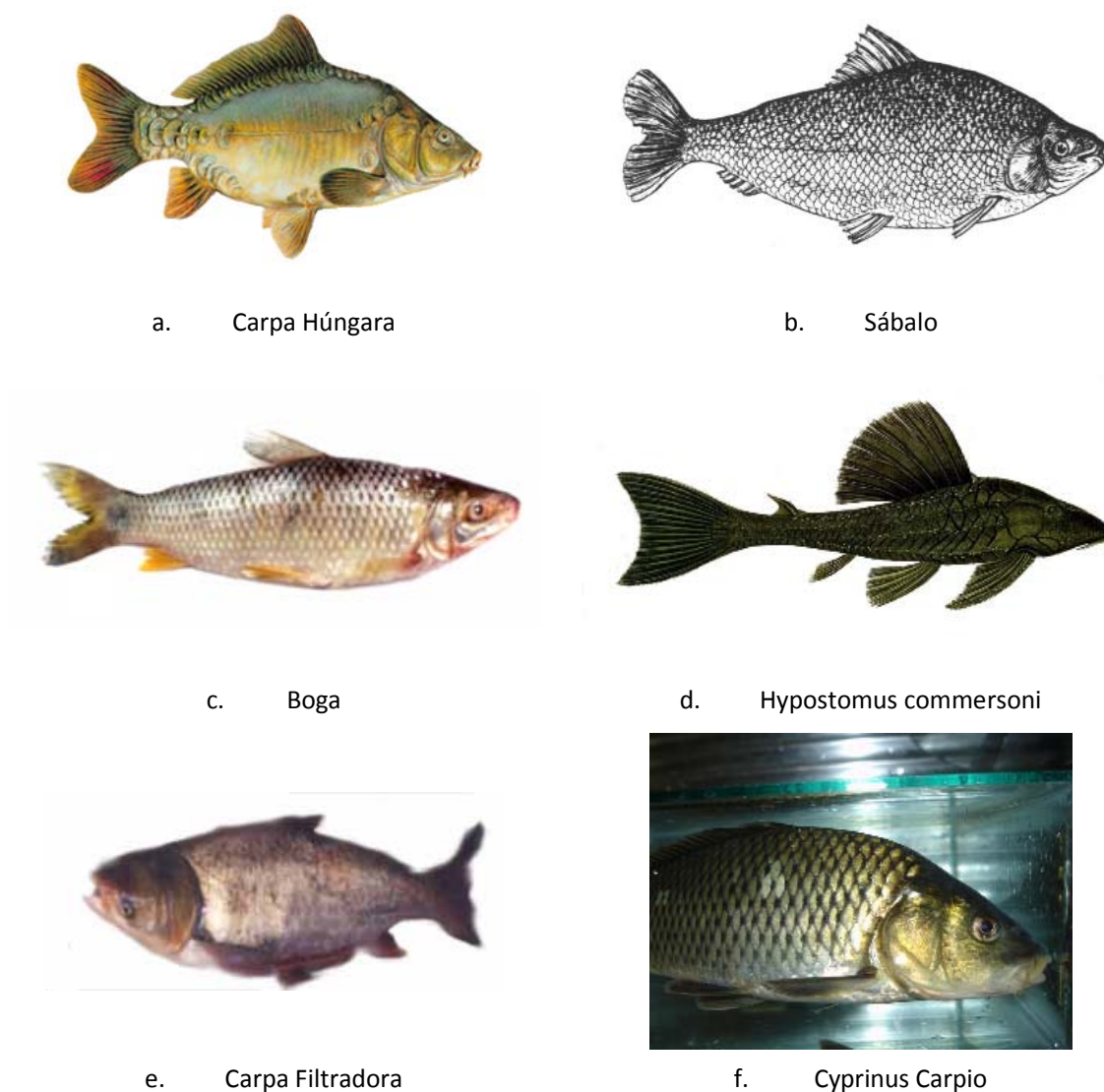


Figura 5. Especies adecuadas para el mantenimiento de estanques y espejos de agua.

Estas especies son muy resistentes a la salinidad, temperatura, acidez/alcalinidad, son altamente competitivas, por lo que se sugiere comenzar con cantidades acordes con la conservación de las poblaciones, para evitar su extinción. El control de la población, así como el tamaño de los especímenes, no conlleva mayores dificultades, ya que su alimentación, estará regida en forma natural, por los recursos disponibles en la laguna. La carpa húngara come vegetación y pasto (figura 5.a), la carpa filtradora ayuda a dejar el agua transparente ya que filtran algas unicelulares del agua (Figura 5.e), los sábalos se alimentan de larvas, gusanos y remueven el fondo, la boga, se encarga de pequeños crustáceos, y finalmente la hypostomus commersoni hace lo propio con algas y detritos (Figura 5.d).

Así, se elaboró el estado de situación, y la propuesta de acción.

4. Conclusiones y Acciones

La presencia de la vegetación acuática ha favorecido, también, el proceso anaeróbico de los reservorios, es decir la falta de oxígeno. Esta puede deberse ya sea al proceso de fotosíntesis de las algas, como al aumento de temperatura, ya que por esto, los gases disminuyen su solubilidad en agua. Esto significa que no sólo se pierde el oxígeno, sino que también el dióxido de carbono. La consecuencia de estas pérdidas es el aumento de la alcalinidad del medio, por lo que se crea un ambiente propicio para el crecimiento de algas, hongos, líquenes y, a su vez, de la turbidez. Además, se constató, la falta de un sistema formal de aireación, y una baja velocidad de escurrimiento, factores que favorecen a la proliferación de vegetación acuática. Dado que este equipo tiene la idea de evitar el uso de productos químicos, el tratamiento del agua en reservorios consiste en revertir los procesos antes mencionados utilizando medidas respetuosas del medio ambiente.

La propuesta, en primer lugar, es la implementación de un sistema de oxigenación por burbujeo de aire, y realizar análisis de suelo para obtener los parámetros iniciales correspondientes a un plan de fertilización sustentable. Lo que implica detener el proceso actual, hasta que los valores de nitratos y fósforo se nivelen naturalmente, reacondicionar las plantas de tratamiento de efluentes, y limpiar los espejos de agua eliminando la flora superficial incrementando la velocidad de escurrimiento. Esta velocidad puede lograrse aumentando el volumen de las lagunas, y facilitar así la circulación hacia los canales de desagüe, de donde se la retirará en forma manual. Este proceso al mismo tiempo servirá para remover y renovar el agua, deteniendo el proceso anaeróbico. Se aconseja también, repetir periódicamente, en forma precautoria, este procedimiento en las lagunas.

Asimismo, y a los efectos de crear un ecosistema sostenible, se propone aprovechar las capacidades de clarificación de las especies ictícolas mencionadas en la Figura 5, sembrando quinientos (500) ejemplares de cada variedad, por hectárea de espejo de agua (con aproximadamente 2 metros de profundidad).

Finalmente, realizar periódicamente análisis de agua, suelos, limpieza de los canales de desagüe, y el relevamiento de la población de peces, a los efectos de tomar las acciones preventivas que el caso requiera.

5. Bibliografía

- [1] Ley 12257 Código de Aguas - Régimen de Protección; Conservación y Manejo del Recurso Hídrico de la Provincia de Buenos Aires.
- [2] Ley 14520 Modificatoria de los artículos 10 y 11 de la ley 12257 Código de Aguas - Régimen de Protección; Conservación y Manejo del Recurso Hídrico de la Provincia de Buenos Aires.
- [3] Ley 14703 Modificatoria de los artículos 12, 13 y 166 , Incorpora Artículo 166 Bis y 166 Ter de la ley, 12257 Código de Aguas - Régimen de Protección; Conservación y Manejo del Recurso Hídrico de la Provincia de Buenos Aires
- [4] Artículos 982 y 983 de la Ley 18.284 sobre aguas – Código Alimentario Argentino -
- [5] “Análisis físico-químico del agua de lluvia en Buenos Aires y condiciones meteorológicas asociadas” – Pérez, Claudio (y otros) - Departamento de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA Argentina - 2011

- [6] “Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias”: tomo 2: cloacales y pluviales / Jaime Nisnovich; con colaboración de Miguel Nisnovich y Araceli Mugica. 7a Ed. Buenos Aires: Nisno, 2012. V.2. 248p
- [7] “Instalaciones Sanitarias Domiciliarias e Industriales”, Normas. Subsecretaría de Recurso Hídricos. Empresa Obras Sanitarias de La Nación.
- [8] Osorio Robles, Francisco. (2014). “Prevención de la eutrofización provocada por nitrógeno agrícola en las aguas superficiales en clima mediterráneo”. Universidad de Granada, España
- [9] Pütz, Petra Pütz. (2010). “Eliminación y determinación de fosfato”. Departamento de aplicación de laboratorio de Hach Lange
- [10] Comisión Nacional del Agua. (2007). “Diseño de lagunas de estabilización”. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. México.