

UNIVERSIDAD DE FLORES
FACULTAD DE INGENIERÍA - INGENIERÍA EN ECOLOGÍA

TESIS

***Impactos de los usos del suelo sobre los ambientes
ribereños en un partido de la cuenca Matanza-
Riachuelo: propuestas para su rehabilitación***

TESISTA: Ángela Catalina De Sarro Rózga¹

DIRECTORA: Dra. Bárbara Guida Johnson²

REVISORA: Dra. Ana María Faggi^{1, 3}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad de Flores

² CONICET, Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas

³ CONICET, Museo Argentino de Ciencias Naturales

Noviembre 2019

Contenido

INTRODUCCION	3
Degradación de los cursos de agua	3
Restauración, rehabilitación y bioingeniería: alternativas para recuperar ecosistemas degradados.....	4
Características de la cuenca Matanza-Riachuelo	6
Objetivos e hipótesis	9
MATERIALES Y METODOS.....	10
Definición de unidades de uso/coberturas del suelo.....	10
Mapeo de las unidades de usos/coberturas del suelo en el área de estudio.....	10
Cuantificación de la superficie de los usos/coberturas del suelo y de los cursos de agua que atraviesan por cada uso/cobertura.....	11
Definición de impactos y atributos a identificar sobre las riberas.....	12
Mapeo de impactos.....	13
Cuantificación de los impactos en cada uso/cobertura del suelo con herramientas de SIG..	13
Selección de riberas a rehabilitar	14
RESULTADOS	15
Mapa de Usos/coberturas del suelo	15
Impactos detectados sobre los cursos de agua	17
Proyecto de rehabilitación	29
DISCUSION.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS	47

INTRODUCCION

Degradación de los cursos de agua

Desde el punto de vista ecológico o ambiental los ríos son considerados ecosistemas muy valiosos. A pesar de que ocupan una pequeña superficie con respecto a los ecosistemas terrestres, **son únicos** no sólo por la elevada riqueza de especies que presentan, sino también por el papel que éstas juegan, y por los procesos implicados en su funcionamiento. De esta manera, por un lado, constituyen verdaderas islas de biodiversidad genética, taxonómica y funcional (WCMC, 1998), y por otro lado, **forman corredores** conectando diferentes ecosistemas (Confederación Hidrográfica del Segura, 2008). Además, las riberas son ecosistemas que **actúan como zonas de amortiguación** entre tierras altas y arroyos (Groffman et al., 2003). Sin embargo, a pesar de este reconocimiento, los ecosistemas acuáticos y ribereños se encuentran sometidos a un preocupante proceso de degradación.

Desde su temprana utilización como vías navegables y zonas de embarco, las principales causas de la degradación de los ríos han sido la regulación de sus caudales a través de embalses e infraestructuras de conducción, así como la canalización y rectificación de muchos tramos de la red fluvial. La consecuente industrialización y urbanización, condujo a la construcción de presas y entubamientos de redes de drenaje y reemplazo de riberas por estructuras de concreto para prevenir daños por inundaciones (Gregory, 2006). Dichas intervenciones, en algunos casos, han confinado los ríos a simples canales, reduciendo y/o limitando el papel de las riberas y llanuras de inundación. Esta situación viene derivada de una visión excesivamente productivista de los ríos, ya que en ellos sólo se ha tenido en cuenta su valor como fuente de suministro de agua, como sistemas de energía potencial y cinética, como vías de desagüe de las inundaciones y como espacio público, de relieve favorable, para llevar a cabo numerosas actividades recreativas (González del Tánago, 2003).

A inicios del siglo XIX la población mundial rondaba los 1.600 millones, la actividad industrial tenía un crecimiento moderado, generando pocos desechos industriales, la agricultura era extensiva con rotación de cultivos alternada con la ganadería y se utilizaban fertilizantes y plaguicidas naturales (Castro et al., 2007). Pero a comienzos del siglo XX, la población global aumentó a más de 6.000 millones de personas, la industria tuvo un crecimiento exponencial al igual que los vertidos industriales, y la expansión y desarrollo de la agricultura se intensificó, basándose fuertemente en el uso de fertilizantes y otros productos químicos. Las grandes urbes junto al desarrollo industrial y a los cambios en las técnicas agrícolas, han generado una enorme cantidad de sustancias contaminantes, que afectaron los cuerpos de agua con la consecuente pérdida de la capacidad para sostener su biodiversidad original (Greenpeace, 2014). Además, la ganadería también se ha expandido, y los impactos del sobrepastoreo amenazaron cuatro componentes fundamentales de los ecosistemas: la composición de la vegetación, las características geomorfológicas del suelo y los canales, la estructura físico-química de la columna de agua y la densidad y diversidad de especies animales. Pero la influencia no se limitó al área ribereña, sino que se extiende a los hábitats adyacentes (Kauffman & Krueger, 1984).

Debe considerarse además que la contaminación y el mal uso del recurso, no sólo afectan la biodiversidad natural, sino que también afectan la salud de las personas. Según Naciones Unidas, alrededor de 6.000 personas (en su mayoría menores de 5 años) mueren en el mundo por día, a causa de enfermedades vinculadas con el agua (ONU/WWAP, 2003). Se calcula que, con el abastecimiento de agua potable e infraestructura de saneamiento eficiente, la incidencia de las enfermedades y muerte por contaminación podría reducirse en un 75% (Cumbre de Johannesburgo, 2002). Infecciones respiratorias y dermatológicas, parasitosis, gastroenteritis, hantavirus y escabiosis, leptospirosis, síndrome urémico hemolítico, hepatitis A y E, intoxicaciones por plaguicidas agrícolas y de uso doméstico (Ministerio de Salud de la Prov. de Bs.As., 2012) son sólo algunas de las enfermedades asociadas a la contaminación hídrica (Perelman & Rey, 2014). Muchas sustancias de origen industrial actúan como disruptores endócrinos y su impacto sobre la salud humana y animal se ha convertido en un asunto de discusión constante en los últimos años (Malpartida, 2004).

En este contexto, la cuenca Matanza-Riachuelo (CMR) constituye un caso emblemático, dado que se trata de una de las más contaminadas de la Argentina y del mundo. Esta cuenca ha sufrido una degradación histórica, ya que durante la colonia comenzaron a hacerse evidentes los problemas de contaminación (Brailovsky & Foguelman, 2009). El espacio natural que constituía en sus comienzos se fue transformando por las acciones de la sociedad para satisfacer las necesidades habitacionales y las aspiraciones productivas y comerciales (ACUMAR, 2014b). El Riachuelo fue contaminado fundamentalmente debido a los vuelcos industriales y domiciliarios, y por ser un río de llanura, sin gran caudal, no facilita el escurrimiento eficaz de los fluidos, y su capacidad de autodepuración o autolimpieza resulta insuficiente en relación a las cargas de contaminantes recibidas. En 2002 se estimaba que sus cursos recibían diariamente unos 88.500 m³ de desechos industriales con escaso o nulo tratamiento y aproximadamente 368.000 m³ de aguas residuales domésticas, de las cuales, sólo un 5% recibía tratamiento previo (Fundación Ciudad, 2002). Hoy según ACUMAR (2019a) el 85% de la contaminación orgánica del Riachuelo es cloacal, por día se vuelcan al río 192.000 m³ de vertidos cloacales sin tratamiento previo. Las bacterias y microorganismos presentes en estos vertidos representan un riesgo directo para la salud de los habitantes que se ve potenciado en los sectores que no cuentan con acceso al servicio de agua potable ya que en estos casos el agua para uso doméstico se obtiene de la napa subterránea.

Restauración, rehabilitación y bioingeniería: alternativas para recuperar ecosistemas degradados

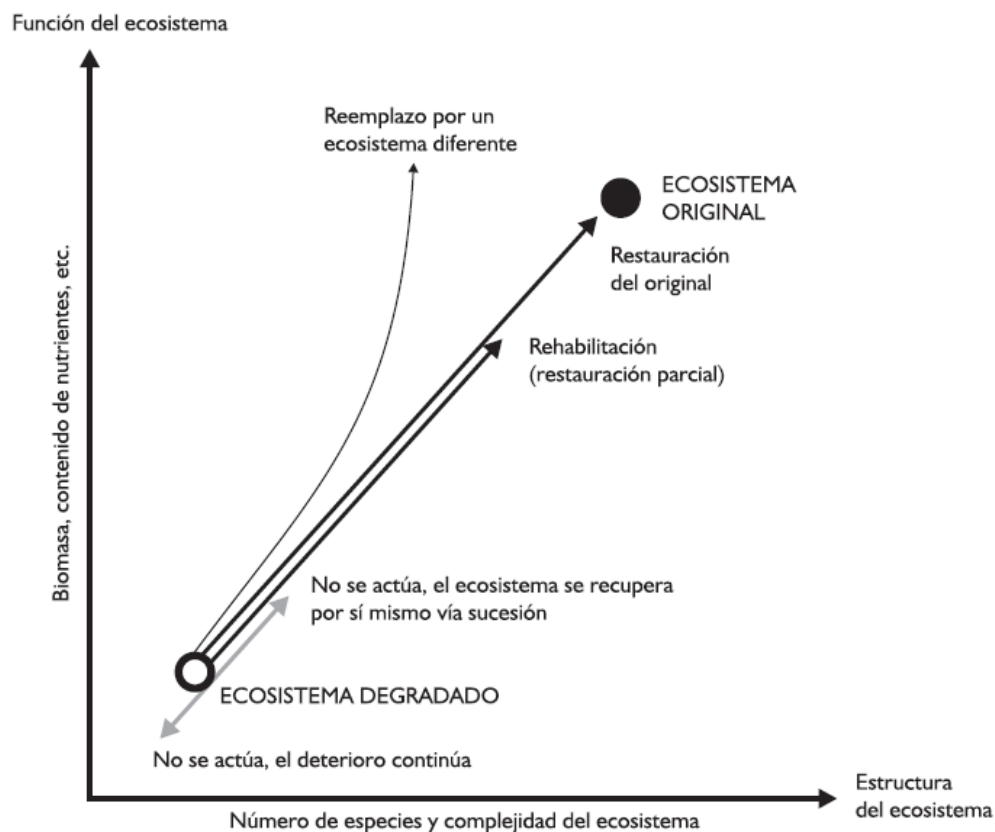
La restauración de las riberas fluviales como elemento clave, tanto de la estructura como del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, constituye, en la actualidad, uno de los principales objetivos de la gestión de ríos en países desarrollados. Esto es debido a la preocupación creciente por la avanzada y extendida degradación de los ríos y riberas, así como por el conocimiento de los bienes y servicios que pueden ofrecer: mejora de la calidad del agua, protección más adecuada frente a las inundaciones y a la erosión, conservación de la biodiversidad, espacios naturales de recreación, etc. (Confederación Hidrográfica del Segura, 2008).

Siguiendo los Principios de la Sociedad Internacional de Restauración Ecológica (SER, 2004), la *restauración* es una actividad que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica, lo cual a veces puede ser difícil o imposible de determinar con exactitud, dependiendo del grado de deterioro del mismo y de la información disponible. Las funciones y los procesos del ecosistema, junto con la reproducción y el crecimiento de los organismos, son lo que permiten que un ecosistema se autoreneve, es decir, sea autogénico. Una meta común para la restauración de cualquier ecosistema natural es el restablecimiento de los procesos autogénicos hasta el punto en que el ecosistema sea auto-sostenible (SER, 2004). González del Tánago (2004) define la restauración fluvial como el conjunto de actuaciones encaminadas a devolver al río su estructura y funcionamiento como ecosistema, de acuerdo a unos procesos y una dinámica similar a la que le correspondería en condiciones naturales, o que establecemos como de "referencia del buen estado ecológico". La restauración ecológica implica entonces, devolver el sistema impactado a un estado previo a la perturbación, lo más parecido en la medida de lo posible al estado de áreas próximas no perturbadas (sitios de referencia).

Existen varias actividades que tratan de recuperar componentes o funciones del ecosistema, sin alcanzar necesariamente el estado prístino original, algunas de ellas son la reclamación, rehabilitación, remediación, mitigación, mejora, y en muchos casos se confunden con la verdadera restauración ecológica (SER, 2004). La *rehabilitación*, por ejemplo, se refiere a cualquier intento por recuperar elementos estructurales o funcionales dentro de un ecosistema, sin necesariamente intentar completar una restauración ecológica a una condición específica original. En algunos casos, puede ser el primer paso de una estrategia más compleja, como la restauración ecológica (INECC, 2014). En la práctica, la restauración fluvial suele estar limitada por una serie de factores económicos, sociales y científico-técnicos (Comín, 2002). En la mayoría de los casos se trata de restituir los procesos naturales en la medida en que sean compatibles con los usos actuales de la llanura de inundación, recuperando parte

de su funcionamiento ecológico (rehabilitación) (González del Tánago, 2003). Por lo tanto, un ecosistema rehabilitado no será igual al original ni a uno restaurado (Figura 1), sino un ecosistema que ha recuperado algunas funciones (Vargas & Mora, 2007).

Figura 1. Diferentes opciones de recuperación de un ecosistema degradado (Vargas & Mora, 2007. Según Bradshaw, 1990).



La rehabilitación es aplicada con frecuencia a los ríos asociados a un alto nivel de degradación, con la que sólo se pretenden recuperar los procesos del río parcialmente. Se centra, generalmente, en la recuperación o reincorporación de algunos elementos de su estructura (ej: especies, meandros, estabilización de riberas). El objetivo es alcanzar un estado menos degradado que el actual en equilibrio con las actividades humanas presentes (Confederación Hidrográfica del Segura, 2008).

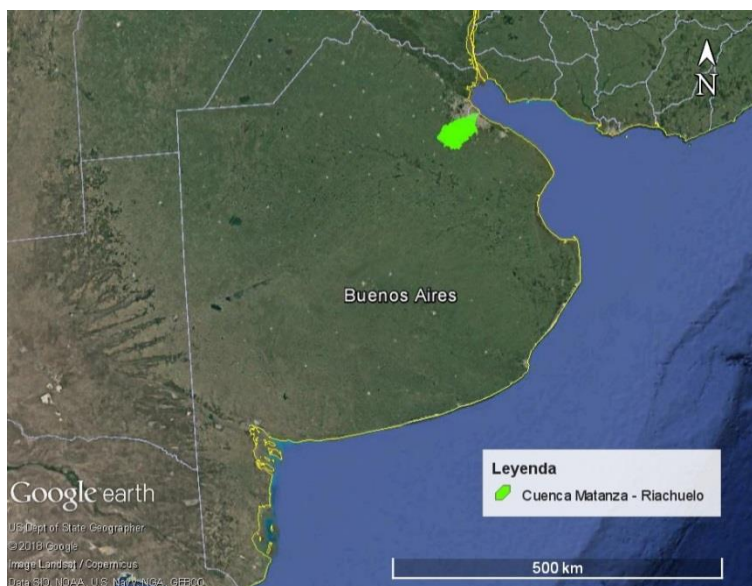
La bioingeniería es una disciplina que permite diseñar y llevar adelante una restauración ecológica, una rehabilitación, una remediación o una mejora, y se define como “las técnicas de diseño y operación de la economía con la naturaleza” (Odum, 1989). Dentro de ella hay muchos ejemplos de cómo los procesos ecológicos pueden aprovecharse con el objetivo de restaurar (Bradshaw, 1996). Esta disciplina se basa en la fusión práctica de los conocimientos de la biología y la propia ingeniería (Fundación Nueva Cultura del Agua, 2014). Implica la manipulación de materiales naturales, organismos vivos y el ambiente físico-químico, para lograr metas específicas y para resolver problemas técnicos (SER, 2004). Las técnicas de bioingeniería se pueden aplicar casi a cualquier tipo de ecosistema. Aplicadas a la restauración de ríos y riberas, se pueden utilizar para proporcionar una cubierta vegetal sostenible, estabilizar taludes, controlar la erosión (Polster, 2002). Consiste en el uso de las plantas vivas o partes de éstas, conjuntamente con otros materiales naturales (madera, roca, mantas y redes orgánicas, metal) y otros sintéticos (geotextiles, redes y geomallas de polipropileno, etc.), incorporando

y aprovechando los elementos locales (suelo, topografía, microclima, etc.) para conseguir recuperar estructura y funciones en el ecosistema fluvial-ribereño. Generalmente, se trabaja con plantas acuáticas, siempre con especies nativas, que mejoran la calidad de las aguas y proporcionan un hábitat adecuado para la fauna (Basilico et al., 2016).

Características de la cuenca Matanza-Riachuelo

La CMR se ubica en la zona más urbanizada, poblada e industrializada de Argentina, ubicada en el noreste de la provincia de Buenos Aires (Figura 2). Comprende un territorio de aproximadamente 2.240 km², con una longitud de 64 km y un ancho medio de 35 km. Su dirección de escurrimiento es sudoeste-noreste. Los datos del último censo indican que son más de 8 millones de personas las que habitan en el área de influencia de la cuenca (ACUMAR 2014a).

Figura 2. Ubicación de CMR en la provincia de Buenos Aires.



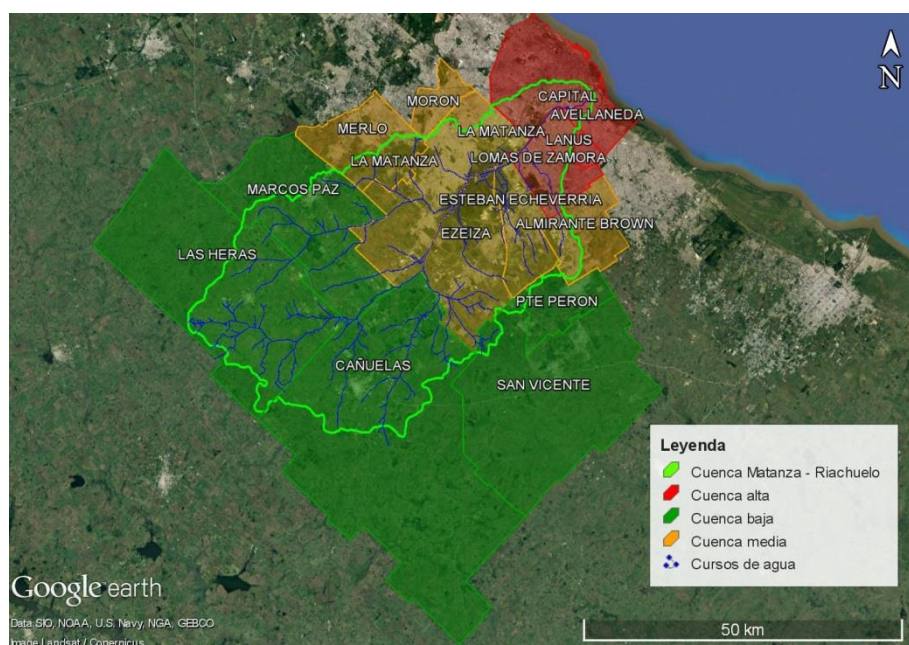
En el territorio comprendido por la CMR se pueden distinguir tres áreas (Figura 3):

- Cuenca Alta, la cual abarca parte de los partidos de General Las Heras, Cañuelas, San Vicente, Presidente Perón y Marcos Paz.
- Cuenca Media, abarca parte de Morón, Merlo, Almirante Brown, prácticamente todo el partido de La Matanza, Ezeiza y Esteban Echeverría.
- Cuenca Baja, comprende el extremo sur de la Ciudad de Buenos Aires, y parte de los municipios de Lomas de Zamora, Lanús y Avellaneda.

Atendiendo a la preocupante situación de deterioro ambiental de la cuenca, en el año 2004, un grupo de vecinos presentaron una demanda en reclamo de la recomposición del ambiente. La causa fue caratulada “Mendoza, Beatriz Silvia y otros c/ Estado Nacional y otros s/daños y perjuicios (daños derivados de la contaminación ambiental del Río Matanza – Riachuelo)”. Allí se responsabilizaba al Estado Nacional, la provincia de Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a 44 empresas. Posteriormente se amplió la demanda hacia los 14 municipios de la provincia de Buenos Aires que se

localizan dentro de los límites de la CMR (ACUMAR, 2014c). El 20 de junio de 2006, la Corte Suprema de Justicia de la Nación (CSJN) se declaró competente en la causa e intimó a los demandados gobiernos más el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) a que presenten un Plan Integral de Saneamiento Ambiental de la cuenca (Nápoli, 2009). Finalmente, en 2008, la CSJN dictó sentencia definitiva respecto a la prevención y recomposición ambiental. Determinó quiénes son los responsables de llevar adelante las acciones y las obras de saneamiento y el plazo en que deben ser ejecutadas. Siendo los objetivos, entre otros, la **recomposición del ambiente en todos sus componentes (agua, aire y suelo)** (ACUMAR, 2014c). En el fallo se establece como autoridad responsable del cumplimiento del mandato a la Autoridad de la CMR (ACUMAR) sin perjuicio de mantener intacta la responsabilidad del Estado Nacional, la Provincia de Bs.As. y el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Bs.As. (Nápoli, 2009). A pesar de las acciones llevadas a cabo, en el año 2013 la CMR fue considerada uno de los puntos con mayor contaminación del planeta; ocupando el octavo lugar del ranking de la Cruz Verde Suiza. El relevamiento fue realizado por el Instituto Blacksmith y la Green Cross Switzerland, la lista de los diez sitios más contaminados del mundo fue el resultado de estudios en base a 2000 riesgos estimados en sitios contaminados de 49 países (BI&GCS, 2013).

Figura 3. Delimitación político-geográfica de la CMR.

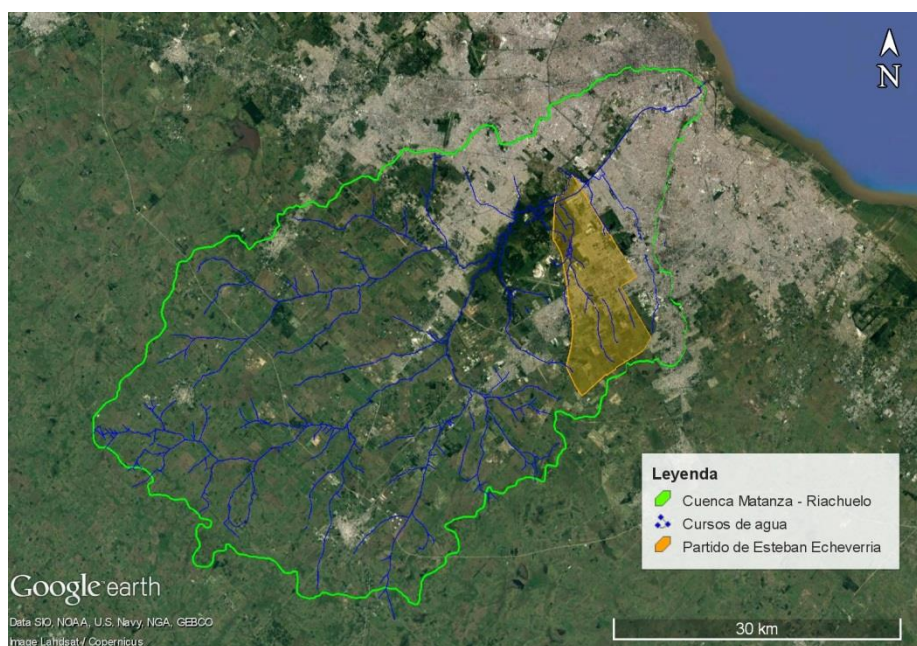


Dada la importancia de los recursos hídricos y del estado actual de degradación que presenta la CMR, se plantea la necesidad de implementar medidas de rehabilitación mediante la utilización de técnicas de bioingeniería. A tal fin, se define al partido de Esteban Echeverría en el sector medio de la cuenca como el área de estudio de esta tesis. El **partido de Esteban Echeverría** tiene una población de 300.959 habitantes, en una superficie de 120.22 km² y una densidad poblacional de 2.503 hab/km² (INDEC, 2010). El partido está formado por cinco localidades: 9 de Abril, Luis Guillón, El Jagüel, Canning y Monte Grande, siendo esta última cabecera del partido. Uno de sus límites está determinado por el río Matanza, y metros más abajo es atravesado por la rectificación del Matanza-Riachuelo. Una característica importante de este municipio es la presencia de la Laguna de Rocha, uno de los últimos remanentes de ambientes naturales en la región. El humedal es limitado por la autopista Ricchieri, el río Matanza y la ciudad de Monte Grande. Ocupa aproximadamente 1.400 ha., de las cuales 300 corresponden a espejos de agua y sólo 630 se encuentran protegidas por la Ley provincial n° 14.488 (del año 2012) en la cual se declaró dicho territorio “Reserva Natural Integral y Mixta”. Este lugar forma

parte de la cuenca del Arroyo Ing. Rossi y es la desembocadura natural de los arroyos Ortega, Guillermina y El Triángulo (Figura 4), que purifican sus aguas en este humedal, antes de llegar al río Matanza (Asociación Civil Colectivo Ecológico, 2015). Además, esta zona es considerada uno de los principales pulmones verdes del área metropolitana (Municipio de Esteban Echeverría, 2015).

Varias son las amenazas a este sistema hídrico, entre ellas la eutrofización de los espejos de agua, debido al exceso de materia orgánica proveniente de desechos cloacales (Mastrocello, 1995). Otra amenaza la constituye la especulación inmobiliaria: desde el año 2008 hay proyectos para hacer en la zona un Mega Emprendimiento Industrial (a la fecha congelado) y loteos sociales en terrenos inundables. En 2013 se recortaron 64 ha de la Reserva para cedérselas a dos clubes de fútbol que habían anunciado la tala y relleno de una parte de la reserva, aunque luego de varios reclamos los clubes decidieron paralizar los proyectos (Asociación Civil Colectivo Ecológico, 2015). Desde el año 2009 hasta el 2011, 120 ha fueron afectadas por el cultivo sistemático de soja, y la utilización de agroquímicos, prohibidos en el distrito, afectando no sólo el ecosistema natural, sino también la vida de los residentes de los barrios aledaños (Magnani, 2011). Además, como consecuencia del crecimiento poblacional y el consecuente avance de la urbanización, las cabeceras de los arroyos Ortega, Medrano y Santa Catalina están fuertemente influenciados por los desarrollos urbanísticos (principalmente barrios privados). La concreción de estos proyectos sin un adecuado manejo hídrico, traería como consecuencias la pérdida de biodiversidad, un incremento de la contaminación de las napas, así como también de las inundaciones, provocadas por las crecidas de los arroyos debido a la obstrucción y modificación de sus cauces y su desembocadura, dando como resultado la precarización de la calidad de vida de los vecinos (Asociación Civil Colectivo Ecológico, 2015).

Figura 4. Delimitación del partido de Esteban Echeverría.



Objetivos e hipótesis

Los objetivos del presente estudio son:

- Determinar los usos/coberturas del suelo del partido de Esteban Echeverría.
- Identificar y caracterizar los impactos antrópicos que ocurren sobre las riberas de los cursos de agua localizados en dicho partido, y asociarlos a las distintas usos/coberturas del suelo.
- Proponer medidas para rehabilitar las riberas de los cursos de agua del partido en función a los principales impactos identificados.

En función de estos tres objetivos, se llevaron a cabo los siguientes análisis particulares:

1. Determinar los usos/coberturas del suelo
 - a. Definición de unidades de uso/coberturas del suelo
 - b. Mapeo de unidades en el área de estudio
 - c. Cuantificación de la superficie de los usos/coberturas del suelo y de los cursos de agua que atraviesan por cada uso/cobertura.
2. Identificar y caracterizar los impactos antrópicos sobre las riberas
 - d. Definición de impactos y atributos a identificar sobre las riberas
 - f. Mapeo de impactos
 - g. Cuantificación de los impactos en cada uso/cobertura del suelo con herramientas de SIG.
3. Proponer medidas para rehabilitar riberas
 - h. Selección de riberas a rehabilitar
 - i. Propuestas para rehabilitar las riberas

Hipótesis:

- Teniendo en cuenta que el partido de Esteban Echeverría pertenece a la cuenca media de la CMR, se espera observar todas o varias de las categorías de usos y coberturas del suelo definidas. Además se espera también que los cursos de agua atraviesen todas o varios de los usos/coberturas del suelo.
- Con el análisis en SIG se espera observar un cambio tanto cualitativo como cuantitativo de los impactos identificados en cada uso/cobertura del suelo. Se espera que los impactos estén asociados a un gradiente urbano-rural.
- Se espera encontrar sitios donde pueda llevarse adelante una rehabilitación del ecosistema ribereño.

MATERIALES Y METODOS

Definición de unidades de uso/coberturas del suelo

Para definir las unidades de uso/coberturas se consideró un mapa de usos del suelo de la CMR (Lafflitto et al., 2011) al cual se modificaron algunos criterios, quedando definidas las siguientes categorías:

- Bosque/Forestaciones: arbolado denso de superficie mayor a 5 hectáreas.
- Rural: campos, estancias, pastizales, suelo desnudo, bajos, cubetas y bañados. Si dentro de esta área se observaran pequeñas edificaciones aisladas (de difícil categorización, por desconocerse la actividad que se lleva a cabo en dicho lugar) se despreciarán y serán consideradas parte del uso rural (Figura 5).
- Periurbano: zona entre el espacio rural y urbano, que brinda servicios a la población. Como, por ejemplo, huertas/quintas de agricultura intensiva, ladrilleras, cavas (Figura 6), galpones de uso para la crianza avícola, cementerios de autos, cementerios, basurales, planta depuradora de agua (Lafflitto & Zuleta, 2012).
- Suburbano: zonas urbanizadas con media y baja densidad poblacional, tales como urbanizaciones en su etapa inicial de construcción, barrios privados, casas quintas, clubes de golf, campos deportivos, parques recreativos de sindicatos, campings, centros de aviación, karting, caza tiro y pesca (Figuras 5, 6 y 7, ver polígonos sombreados en color lila).
- Urbano: zonas urbanizadas con alta densidad poblacional. Urbano consolidado, zonas industriales y asentamientos informales/precarios. Incluyendo plazas públicas por ser espacios verdes urbanos y áreas verdes de predios industriales (Figura 7, ver cómo se visualizan los diferentes espacios verdes y su correspondiente categorización).

Mapeo de las unidades de usos/coberturas del suelo en el área de estudio

Se trabajó con imágenes satelitales de Google Earth, de 1 m de resolución espacial, a una altura de ojo de 2 km, solo en algunos casos muy particulares se tuvo que acercarse hasta 500 m aprox., para determinar ciertas texturas (con lo que se detectaron varios basurales, y cementerios de autos). Las imágenes fueron obtenidas en su mayoría el 5 de agosto del 2019. Además, se utilizó la opción Uso de capas, Fotografías, de Google Earth; Lugares de Google Maps; y un mapa de catastro del Municipio, para conocer acerca de la actividad que se llevaba a cabo en determinados lugares, que era imposible determinarlo con la simple observación de la imagen satelital.

La digitalización de las unidades se llevó a cabo con la herramienta Polígonos de Google Earth, identificando en el "Nombre" de cada polígono a que uso/cobertura correspondía.

Se tuvo en cuenta evitar la superposición de los límites de los polígonos, ya que esto traería futuros errores en los programas de SIG, y duplicaría las longitudes de los cursos de agua. Sólo para corregir estos detalles se trabajó a una altura de ojo de hasta 100 m.

Figura 5: Vista de pequeña edificación aislada, considerada parte del uso rural.



Figura 6: Ejemplos de parcelas correspondientes al uso Periurbano.

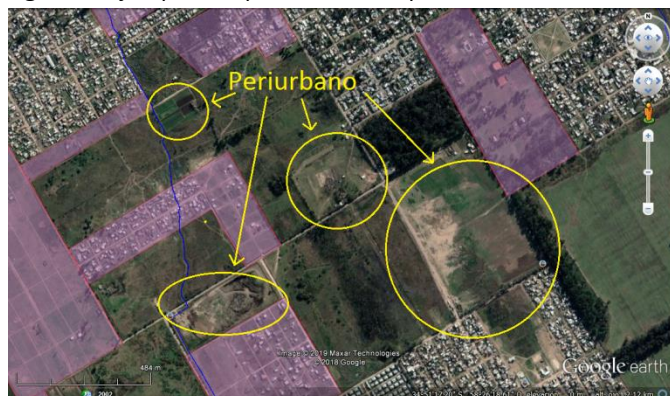


Figura 7: Vista de espacios verdes y su correspondiente categorización en los usos de suelo.



Cuantificación de la superficie de los usos/coberturas del suelo y de los cursos de agua que atraviesan por cada uso/cobertura.

El mapa producido en Google Earth, denominado “mapa de usos del suelo 2019_EE.kml” se proyectó al Sistema de Coordenadas de Referencia UTM, faja 21S, con la herramienta “reproyect layer” en QGIS. Luego con la herramienta “calculador de campos” se calculó el área de cada polígono, y finalmente se llevaron los datos a una planilla de cálculo en Excel, para sumar las áreas de todos los polígonos según el uso/cobertura de suelo.

Para calcular los cursos de agua que atraviesan cada uso/cobertura de suelo, se contó con una capa de ríos de la CMR (Guida Johnson, 2015), otra capa también de ríos (ACUMAR, 2013) de la cual se obtuvo información sobre cursos entubados y una tercer capa con los límites del partido de Esteban Echeverría (ACUMAR, 2015). Las tres capas estaban en un archivo de extensión .kml (Proyección con

coordenadas geográficas, WGS 84), por lo cual fue necesario proyectarlas al Sistema de Coordenadas de Referencia UTM, faja 21S, con la herramienta “reproject layer” en QGIS.

Luego se cortó la capa “ríos CMR” con la capa “límites del distrito de EE”, en gvSIG. La nueva capa “ríos EE” (ríos de Esteban Echeverría) se unió con el “mapa de usos del suelo 2019_EE” también en gvSIG. Así se obtuvo una tabla de atributos en la cual cada segmento de cauce tenía la información correspondiente al uso/cobertura del suelo. En QGIS se aplicó nuevamente la herramienta “calculador de campos” para obtener la longitud de cada segmento de cauce. Y finalmente en una planilla de cálculos en Excel, se sumaron las longitudes de todos los segmentos de cauces según el uso/cobertura de suelo.

Definición de impactos y atributos a identificar sobre las riberas

En primer lugar, se definió que los impactos antrópicos a identificar sobre las riberas son:

- **evidencias de canalizaciones**, tales como la presencia de orillas alisadas
- **evidencias de rectificaciones**, tales como la presencia de márgenes rectos
- **movimiento de suelos**, presencia de pequeños montículos de tierra equidistantes

La realización de obras de canalización y rectificación tienen la finalidad de regular los caudales de agua, incluyen el ensanchamiento y profundización del cauce mediante el dragado de los mismos, lo que implica la extracción de lodos y la eliminación de vegetación riparia, determinando una disminución drástica de la rugosidad del cauce. Esta se observa en las imágenes satélites por presentar el curso de agua bordes lisos. En algunos casos los lodos extraídos en el dragado y en el ensanchamiento son acumulados a pocos metros, en una o ambas márgenes, a veces en pequeños montículos, y otras generando un leve cordón (mota) para impedir el desbordamiento y la inundación, lo cual es una verdadera barrera ecológica entre el río y su llanura de inundación.

- **puentes**, diferenciando los que son puentes peatonales, de caminos (siendo generalmente la continuación de calles de tierra), puentes de calles (asfaltadas), en otra categoría (denominada rac por las iniciales) se incluyeron puentes de rutas, autopistas y colectoras y en otra categoría puentes de vías férreas.
- **vías de transporte**, diferenciando los caminos (calles de tierra), calles propiamente dichas (asfaltadas o con mejorado), rac (rutas, autopistas y colectoras), y vías férreas.
- **urbanización**, se consideraron dos tipos diferentes: urbano (urbano consolidado y asentamientos informales) y suburbano (barrios privados y casas quintas).
- **zonas industriales**, distinguiendo entre ladrilleras y otras no especificadas (ne). Las ladrilleras se caracterizan por una configuración muy particular, se observan cuatro cuadrantes con líneas (ladrillos apilados) y un círculo en centro de cada cuadrante, generalmente se encuentran en zonas rurales o periurbanas. En cambio zonas industriales no especificadas se determinaron por observar galpones y grandes tinglados de chapa.
- **piletones**, se identificaron todo tipo de piletones observados, sin distinguir sus usos. Algunos son de origen industrial (piletas para tratamiento de efluentes líquidos), otros son piletas grandes de clubes y centros recreativos, y otros son lagunas de barrios privados, que por su forma y sus bordes dan cuenta de su artificialidad.
- **residuos**, presencia de basurales y microbasurales a cielo abierto (hay que tener en cuenta que pequeños microbasurales probablemente no sean identificados ya que no es posible o confusa su visualización por la resolución de las imágenes utilizadas). En las imágenes se observan manchas blancas y borrosas, sin bordes definidos y dispersas.
- **arbolado**, diferenciándolos según la disposición en que se encuentran: dispuestos linealmente, dispersos (varios ejemplares pero separados unos de otros), agrupados (grupo de varios ejemplares –sin llegar a ser una forestación–), o bien si por su extensión y densidad se consideraba una forestación.

Además, se consideró una categoría “**otros**” en el cual se incluyeron, cementerios, depósitos de autos y supermercados. Se dejó abierta la posibilidad de incluir en esta categoría, algún otro impacto relevante que surgiera de la observación directa de la zona de estudio.

En segundo lugar, se determinaron los atributos a tener en cuenta. Para cada uno de los impactos mencionados, se identificó a que distancia del cauce se encontraba, asignándolos a intervalos entre 0 y 35 metros, 35 y 100 metros y 100 y 500 metros, el criterio para definir estos intervalos es arbitrario, y para todos los impactos, a fin de facilitar el análisis posterior, sin embargo el área afectada por los diversos impactos no tiene porque ser la misma. Sólo para el arbolado se consideró, además de las mencionadas, la distancia 0 metros cuando se encontraban en la orilla de los cursos de agua. En los casos en que un impacto tenía influencia sobre dos o más cauces, a fin de evitar sobreestimar los mismos, se marcó la influencia sobre el curso de agua más cercano. En el caso de los impactos que están subdivididos, como p.e. urbanización (urbana y suburbana), se marcó solamente el que estaba más cercano al cauce, ya que por principio precautorio se eligió registrar la peor condición. Es decir, si una ribera estaba afectada por urbanización “urbano consolidado” de 0 a 35 metros, y por urbanización “suburbano” de 35 a 100 metros, se identificó sólo urbanización “urbano consolidado” entre 0-35 metros.

Mapeo de impactos

Con el objetivo de identificar los impactos sobre las riberas de Esteban Echeverría se trabajó nuevamente con imágenes satelitales obtenidas de Google Earth, de 1x1 m. de resolución espacial, correspondientes al área de estudio, esta vez con fechas de adquisición entre el 14 de enero de 2010 y el 5 de agosto de 2019. Se utilizó la capa vectorial de ríos, digitalizada por interpretación visual a partir de imágenes del Google Earth (Guida Johnson, 2015). Además, se contó con capas vectoriales provistas por ACUMAR (2013), con basurales, villas, asentamientos y establecimientos industriales, algunas de las cuales ayudaron para la visualización de ciertos impactos.

A fin de facilitar el procesamiento de la información de los impactos observados se estableció una codificación para completar los campos de “nombre” y “descripción” de los polígonos en Google Earth:

- El “Nombre” del polígono será una abreviación del impacto, ej.: para vías de transporte → “via”.
- En la “Descripción” se incorporará el intervalo de distancia al cauce y abreviación del tipo de impacto, ej.: para una calle que se encuentra hasta 35 m. del cauce → “0-35_ca” (Tabla 1 en el Anexo).

Luego, se digitalizaron polígonos en Google Earth identificando la localización de cada uno de los impactos mencionados.

Cuantificación de los impactos en cada uso/cobertura del suelo con herramientas de SIG.

La información obtenida del mapeo de los impactos fue procesada en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se trabajó con los softwares libres QGIS desktop, versión 2.10.1-Pisa y gvSIG desktop versión 2.2.0-2313 final, con las herramientas “cortar”, “unir” y “calculador de campos”.

En cuarto lugar, trabajamos con los softwares mencionados:

1º fue necesario proyectar todas las capas producidas en Google Earth, al Sistema de Coordenadas de Referencia UTM, faja 21S, con la herramienta “reproject layer” en QGIS.

2º unimos la capa de “ríos usos del suelo” (generada anteriormente) con cada una de las capas de los impactos en gvSIG.

3º Así obtuvimos una tabla de atributos por cada impacto, en la cual cada segmento de cauce tenía la información correspondiente al impacto que lo afectaba, descripción del impacto, y uso final del suelo. En QGIS aplicamos nuevamente la herramienta “calculador de campos” para obtener la longitud de cada segmento de cauce.

En el SIG se calculó la extensión de cada curso de agua afectada por cada tipo de impacto. Extrajimos dichos datos del SIG y los procesamos en Excel, en donde se calcularon los porcentajes de riberas afectadas por cada tipo de impacto en cada uso del suelo. Por último, los resultados fueron representados en gráficos de barras y líneas.

Selección de riberas y propuestas de rehabilitación

Dado que los cursos de agua que atraviesan los usos urbanos presentan un alto grado de deterioro (y no es posible eliminar todas las presiones), es imposible alcanzar una verdadera restauración ecológica. Sin embargo, en ellos se pueden llevar adelante programas de rehabilitación o mejoras, para reestablecer algunos elementos, procesos o funciones importantes, para así aumentar el valor ambiental del sistema natural, o una mejora de su estado (Ollera Ojeda, 2015). Además, según Guida Johnson (2015), las riberas en un contexto de urbanización tienen potencial para la rehabilitación socio-ambiental. El objetivo de este tipo de rehabilitación es crear áreas verdes urbanas que puedan ser utilizadas con fines de recreación, participación social y educación ambiental. Esto trae aparejados importantes beneficios para la comunidad local, lo que es especialmente relevante en un contexto como el de la CMR. Por lo tanto, la propuesta de rehabilitación será para los tramos de cauces que atraviesen los usos urbanos.

Considerando los impactos identificados para el uso del suelo urbano en este trabajo y en otros estudios realizados a escala local, se realizará una revisión de la bibliografía para identificar aquellas medidas de rehabilitación que pueden implementarse en estas condiciones. En principio, se considerarán técnicas de bioingeniería, tales como la aplicación de biorrollos, mantas orgánicas, o la revegetación con especies nativas y control de especies exóticas invasoras (Russel et al., 1997), entre otros.

RESULTADOS

Mapa de Usos/coberturas del suelo

El partido de Esteban Echeverría se caracteriza por tener una gran heterogeneidad de usos/coberturas del suelo. Un 31,4% de su superficie, corresponde a zona rural, la cual es atravesada por 35,9 km de cursos de agua, esto representa el 52% del total de los cursos de agua de todo el partido. Si bien la zona urbana es de mayor superficie (40,8% de la superficie del partido), sólo es atravesada por 19,8 km de cursos de agua, los que representan el 28,7% del total (Tabla 1). Esta diferencia se debe en gran parte a que muchos cursos de agua en la zona urbana se encuentren entubados (6,4 Km), y también a que varios de los cursos de agua en la zona rural son canales artificiales para regadío y/o para secar zonas con bañados o inundables y poder ser usadas con fines inmobiliarios y rurales. La sumatoria de ambos factores incrementa esta diferencia.

Figura 8: Mapa de cobertura y uso del suelo en el partido de Esteban Echeverría

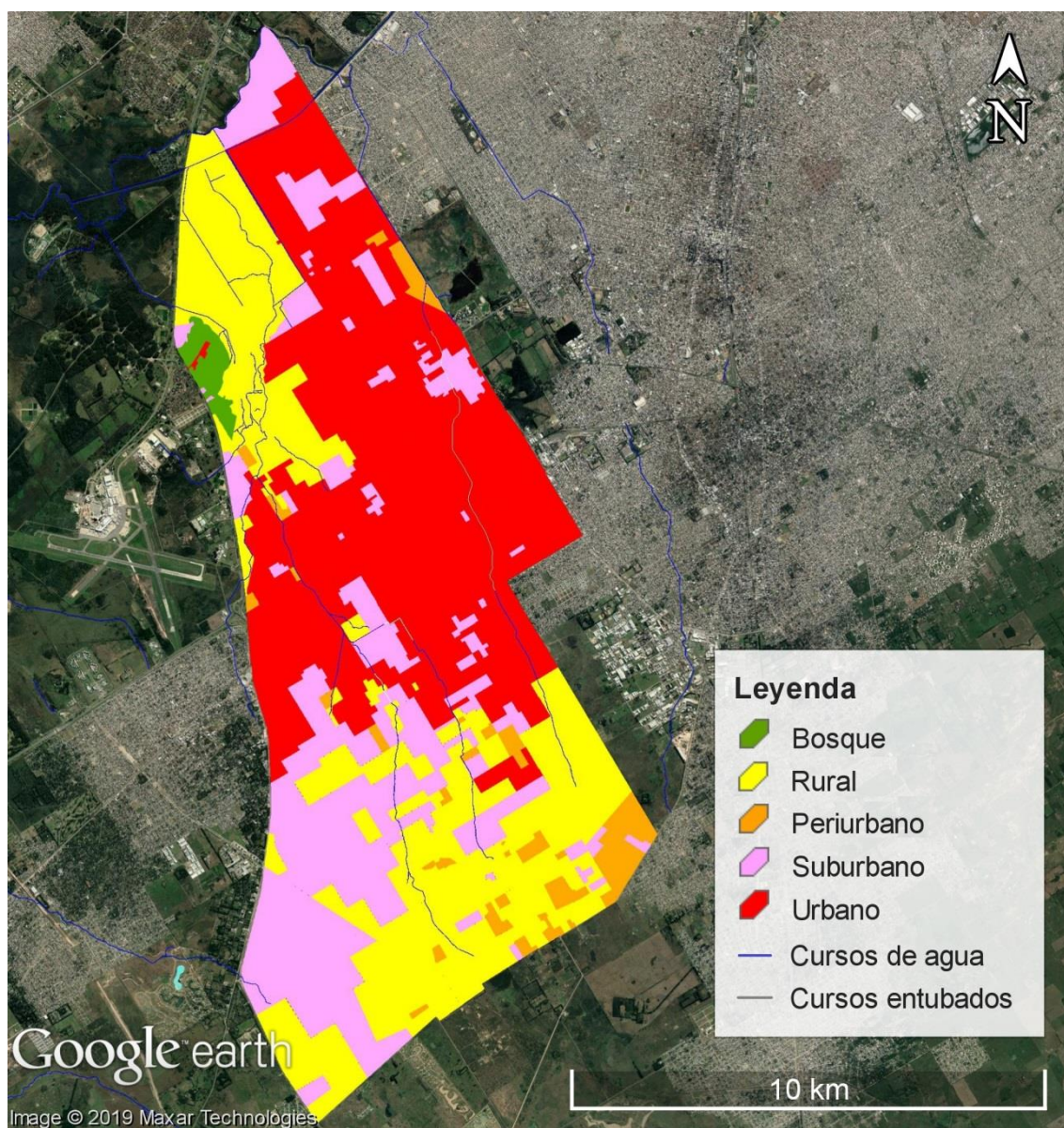


Tabla 1: Superficie (km²), longitud (km) de cursos de agua libre y entubados, y sus respectivos porcentajes para cada uso/cobertura del suelo en Esteban Echeverría.

Usos/Cobertura del suelo	Superficie (km ²)	Superficie (%)	Cursos de agua (km)	Cursos de agua (%)	Cursos entubados (km)
Bosque	1,3	1,1			
Rural	38,3	31,4	35,9	52,0	
Periurbano	4,6	3,7	3,6	5,2	
Suburbano	28,1	23,0	9,8	14,1	1,1
Urbano	49,8	40,8	19,8	28,7	6,4
Total Est.Echeverría	122,2	100,0	69,2	100,0	7,5

Casi el 10% de los cursos de agua del partido se encuentran entubados (Figura 9). Este valor no debe seguir incrementándose. Estos cursos quedan excluidos del análisis ya que no hay riberas sobre las cuales poder identificar impactos, por lo cual de aquí en adelante cuando mencionemos el total de cursos de agua, y se calculen porcentajes, se hará en referencia solo a los que no están entubados (69,2 km).

Figura 9: Porcentaje de cursos de agua libre y entubados.

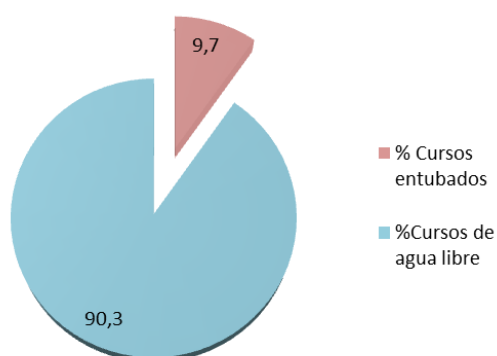
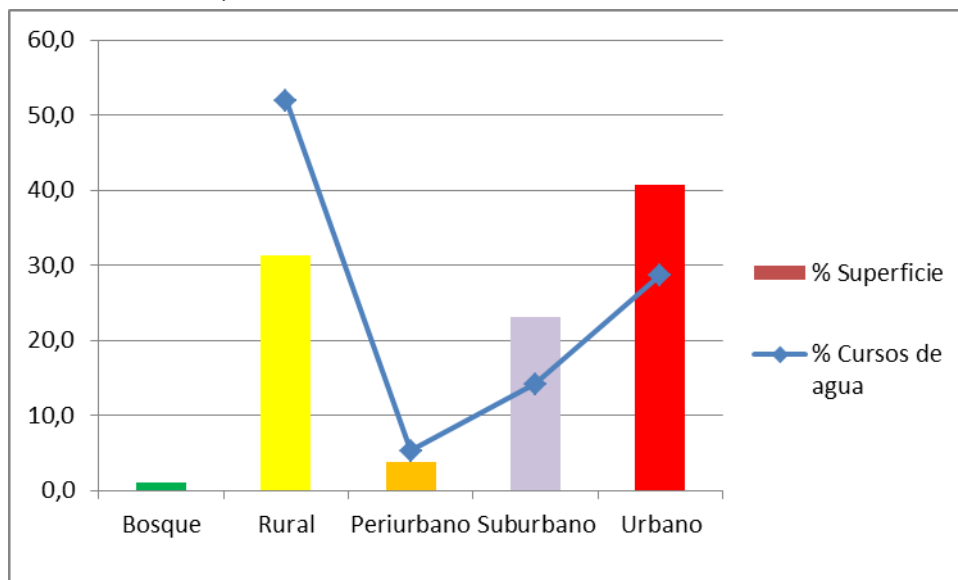


Figura 10: Porcentaje de superficie de cada uso/cobertura del suelo y porcentaje de cursos de agua que atraviesan cada uso/cobertura.



La cobertura de bosque cubre el 1,3% de la superficie del partido, y se encuentra dentro de la reserva Natural Integral y Mixta Laguna de Rocha (declarada por ley n°14.488 en el año 2012). Este territorio a pesar de estar protegido por la legislación, ha sufrido severos impactos, como toma de tierras para viviendas, talas de árboles, rellenos, y construcción de caminos (Colectivo Ecológico, 2019).

Encontramos en el partido de Esteban Echeverría todos los usos y coberturas del suelo definidos previamente. Pero los cursos de agua no atraviesan la cobertura de bosque, si, el resto de los usos de suelo, como habíamos propuesto en la hipótesis. Además existe una relación entre la superficie de usos del suelo y el porcentaje de cursos que los atraviesan (Figura 10). Esto se debe a que los mismos atraviesan prácticamente todo el partido y a que la urbanización no fue planeada en función de la geomorfología, y gran parte de ella está sobre la llanura de inundación de los cursos de agua.

Impactos detectados sobre los cursos de agua

Canalizaciones – Rectificaciones – Montículos

El 81% de los cursos de agua de Esteban Echeverría se encuentran canalizados, encontrándose afectados en su totalidad en los usos periurbano y urbano (Tabla 2). Respecto a las rectificaciones, el 51,4% de los cursos están rectificadas, siendo sus máximos en el uso urbano y periurbano (90,6 y 78,8 % respectivamente). Y la presencia de montículos afecta el 15,5% de los cursos del partido, siendo su máximo en el uso rural y periurbano (27,7 y 9,7% respectivamente).

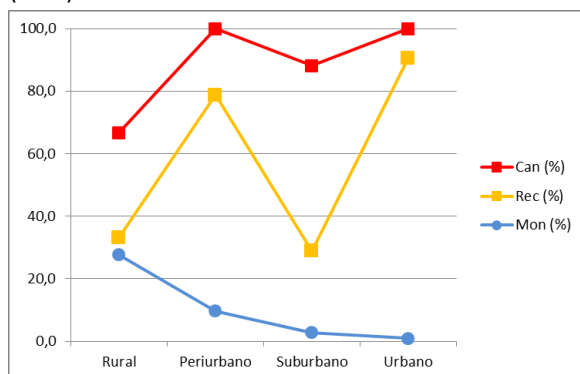
Tabla 2: Longitud (km) de riberas afectadas por canalizaciones (can), rectificaciones (rec), y montículos (mon), en cada uso del suelo, y su respectivo porcentaje.

Usos/Cobertura del suelo	Can (km)	Can (%)	Rec (km)	Rec (%)	Mon (km)	Mon (%)
Rural	24,0	66,7	11,9	33,1	9,9	27,7
Periurbano	3,6	100,0	2,9	78,8	0,4	9,7
Suburbano	8,6	88,2	2,8	28,9	0,3	2,8
Urbano	19,8	99,9	18,0	90,6	0,2	0,9
Total Est.Echeverría	56,0	81,0	35,6	51,4	10,8	15,5

En la figura 11 observamos claramente que hay una relación de los impactos “canalizaciones” y “montículos” en cuanto al gradiente urbano-rural, aumentando las canalizaciones y disminuyendo la presencia de montículos desde la zona rural hacia el uso urbano. En el caso de las rectificaciones, la tendencia observada no es tan clara.

El motivo de por el cual baja el porcentaje de rectificaciones en el uso suburbano es porque son barrios privados y buscan mantener la armonía paisajística, es por eso que se conserva la sinuosidad de los cursos.

Figura 11: Porcentaje de riberas afectadas por canalizaciones (can), rectificaciones (rec) y montículos (mon) en cada uso del suelo.



Puentes

Los puentes alcanzan a afectar una longitud de 988,4 m de cursos de agua en Esteban Echeverría (Tabla 3). Esto equivale al 1,4% del total de los cursos de agua que atraviesan dicho partido. Del total de cursos afectados, el 36,6% se debe a puentes de caminos, y un 32,1% a puentes de calles. En la tabla 3 también se puede observar la cantidad de puentes visualizados y su correspondiente porcentaje, siendo en mayoría puentes de caminos (38,0%) y puentes peatonales (28,1%), aunque estos últimos sólo afectan el 9,8% del total de riberas, esto se debe a que por ser angostos, hay muchos pero afectan poca longitud de riberas comparado con el resto de los puentes, siendo su ancho promedio de 2,8 m.

Los problemas asociados a los puentes dependen de la altura y de la amplitud de los vanos, por lo cual constituyen un obstáculo en el cauce, dificultando los procesos hidrogeomorfológicos, como la evacuación y distribución de agua, sedimentos y detritos leñosos, especialmente en procesos de crecida. También pueden originar efecto presa, incrementando el nivel de la corriente aguas arriba (Ollero Ojeda, 2015).

Tabla 3: Longitud (m) de cursos de agua afectados por los distintos tipos de puentes, cantidad de puentes y sus respectivos porcentajes; y ancho promedio.

Tipos de puentes	Cursos afec. (m)	Cursos afec. (%)	Cant. de puen.	Cant. de puen. (%)	Ancho prom. (m)
p (peatonales)	96,7	9,8	34	28,1	2,8
c (caminos)	361,9	36,6	46	38,0	7,9
ca (calles)	316,9	32,1	28	23,1	11,3
rac (rutas...)	201,1	20,3	12	9,9	16,8
f (ferrocariles)	11,8	1,2	1	0,8	11,8
Total	988,4	100,0	121	100,0	8,2

La mayor parte de la longitud de cursos de agua afectada por puentes (550,9 m) se encuentra en el uso urbano, y en el uso suburbano (192,2 m; Tabla 4). También podemos observar que la presencia de puentes está relacionada con el gradiente urbano-rural, afectando 0,5% de los cursos de agua de la zona rural, 1,8% de zona periurbana, 2,0% en área suburbana y 2,8% en zona urbana, este porcentaje se incrementa a medida que aumenta la densidad poblacional, por la necesidad de conectividad en el tejido urbano.

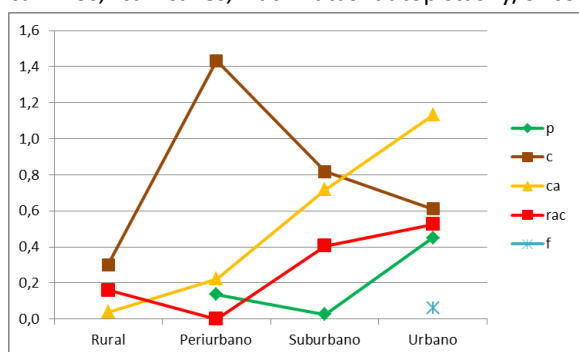
Tabla 4: Longitud (m) de cursos de agua afectados por los distintos tipos de puentes en los distintos usos del suelo.

Usos/Cobertura del suelo	Tipos de puentes (m)					Total (m)	% de cursos de agua afectados por puentes
	p	c	ca	rac	f		
Rural		108,6	14,2	57,4		180,2	0,5
Periurbano	5,0	52,0	8,1			65,1	1,8
Suburbano	2,5	80,0	70,1	39,6		192,2	2,0
Urbano	89,2	121,3	224,5	104,1	11,8	550,9	2,8
Total Est.Echeverría	96,7	361,9	316,9	201,1	11,8	988,4	1,4

*El porcentaje de cursos de agua afectados por puentes está calculado en base a la longitud de cursos de agua en cada uso del suelo (ver Tabla 1).

A medida que aumenta la densidad poblacional aumenta el porcentaje de riberas afectadas por puentes peatonales, de calles, rutas y autopistas (Figura 12). Una tendencia contraria se identifica en el porcentaje de riberas afectadas por puentes de caminos, los cuales disminuyen en el uso urbano. La presencia de puentes de ferrocarril sólo se vio asociada al uso urbano.

Figura 12: Porcentajes de cursos de agua afectados por cada tipo de puentes (p: puente peatonal; c: caminos; ca: calles; rac: rutas autopistas y/o colectoras; f: ferrocarriles), en cada uso del suelo



Piletones

Durante el proceso de mapeo se observaron piletones con diversos usos. Algunos industriales, otros recreativos (piletas de natación), algunas lagunas artificiales dentro de barrios privados y otros que corresponden a una planta depuradora de Aguas y Saneamientos Argentino (AySA).

El grado de afectación es mayor en los casos de piletones industriales, y de la planta depuradora, siendo menor el de piletas de natación y mucho menor el de lagunas artificiales.

Por lo general los piletones de uso industrial son piletas para tratamiento de los efluentes líquidos (aunque no siempre funcionan correctamente), y aunque como en muchos casos se desconoce la actividad de la industria, no se puede precisar el tipo de contaminación que llega al curso de agua. Solo por el uso de las capas Fotografías y Lugares de Google Earth se pudo identificar que uno de los piletones corresponde a un frigorífico (ubicado sobre el Ao. Ortega, tramo que se encuentra entubado ya que la industria está asentada sobre el mismo curso) siendo sus efluentes de olores ofensivos, con una alta demanda biológica de oxígeno (DBO) y alta carga de sustancias solubles en éter etílico (SSEE). Además según los procesos que se lleven a cabo en la planta variara la presencia de otros contaminantes (Shimamoto, 1998).

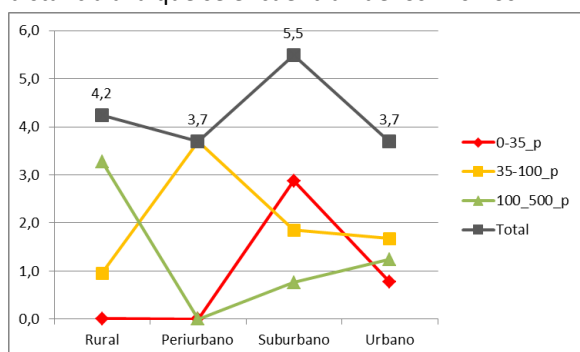
En el caso de la planta depuradora El Jaguel, sus efluentes desembocan en un curso de agua muy próximo al humedal Laguna de Rocha, declarada área protegida, sin embargo estos efluentes continúan su filtrado en el humedal siendo su caudal de vuelco $1\text{m}^3/\text{seg}$ (Paiavonskis, 2016).

La presencia de piletas de natación y de uso recreativo cerca de los cursos de agua impacta negativamente afectando sus caudales y la calidad físico-química del agua (momentos en que las piletas son vaciadas y limpiadas, se entiende que estos procesos ocurren una o dos veces al año por lo que el impacto es mucho menor al de una planta de tratamiento que vuelca efluentes líquidos diariamente).

Tabla 5: Longitud (m) de riberas afectadas por piletones en cada uso del suelo, y distancia a la cual se encuentran de los cursos de agua.

Dist. al curso de agua	Rural	Periurbano	Suburbano	Urbano
0-35_p	1,9		280,7	152,2
35-100_p	341,6	134,1	180,9	332,8
100_500_p	1177,8		74,8	246,2
Total	1521,3	134,1	536,4	731,2

Figura 13: Porcentaje (%) de cursos de agua afectados por piletones en cada uso del suelo según la distancia a la que se encuentran de los mismos.



En la figura 13 se observa que el uso suburbano presenta mayor porcentaje de riberas afectadas por piletones (5,5%). Tanto los cursos del uso urbano como suburbano se encuentran afectados por piletones en todos los intervalos de distancias estudiados, mientras los cursos de uso periurbano solo se ven afectados por piletones ubicados entre 35 y 100 m. y los de uso rural en dos de los intervalos (35-100 y 100-500 m).

Residuos

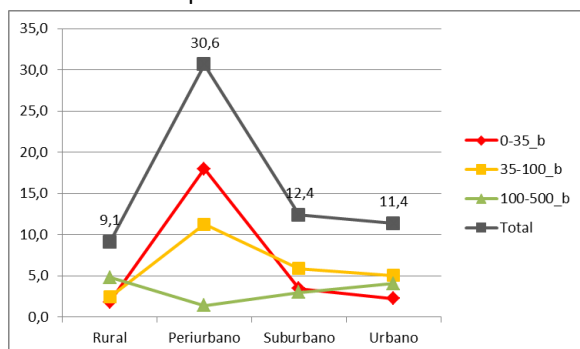
Las riberas más afectadas por basurales, son las que atraviesan el uso periurbano (30,6%, Figura 14), esto fue lo esperable, ya que los basurales fueron categorizados como uso periurbano por ser zonas de servicios a la población.

En el resto de los usos se observa cierta homogeneidad, ya que el porcentaje de cursos afectados varía entre un 9,1% (rural) y un 12,4% (suburbano).

Tabla 6: Longitud (m) de riberas afectadas por basurales a cielo abierto en cada uso del suelo, y distancia a la cual se encuentran de las riberas.

Dist. al curso de agua	Rural	Periurbano	Suburbano	Urbano
0-35_b	656,3	653,6	338,8	449,3
35-100_b	874	408,1	576,2	999,8
100-500_b	1735,1	50,4	293,8	804,1
Total	3265,4	1112,1	1208,8	2253,2

Figura 14: Porcentaje (%) de riberas afectadas por basurales a cielo abierto en cada uso del suelo según la distancia a la que se encuentran de las riberas.



Zona Industrial

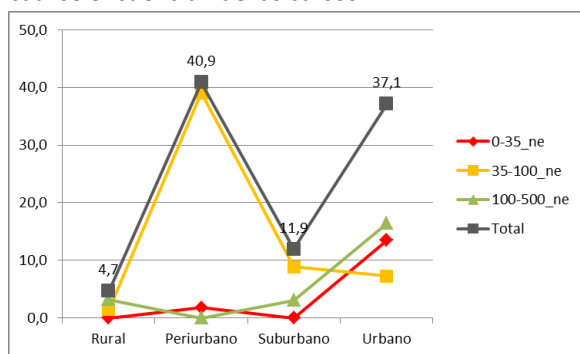
Observamos en la figura 15 que los cursos más afectados por zonas industriales son los que atraviesan usos periurbano y urbano, viéndose afectados un 40,9% y 37,1% respectivamente. Analizando las distancias en las que se encuentran las industrias, observamos que entre 0-35 m y 100-500 m el porcentaje de cursos afectados aumenta de rural a urbano, contrario a los que sucede entre 100-500 m en donde disminuye considerablemente desde un 40% en periurbano a casi un 7% en urbano).

No se observaron ladrilleras en los intervalos de distancias analizados, si se visualizaron tres en todo el partido (categorizados como zona periurbana en el mapa de usos de suelo) a más de 1 km de los cursos de agua.

Tabla 7: Longitud (m) de riberas afectadas por zona industrial en cada uso, y distancia a la cual se encuentran de las riberas (ne: zona industrial no especificada).

Dist. al curso de agua	Rural	Periurbano	Suburbano	Urbano
0-35_ne	8,9	65,9		2670,3
35-100_ne	522,9	1417,1	866,7	1443,1
100-500_ne	1148,1	0,5	299,3	3252,7
Total	1679,9	1483,5	1166,0	7366,1

Figura 15: Porcentaje (%) de riberas afectadas por zona industrial en cada uso del suelo y distancia a la cual se encuentran de las cursos.



Otros

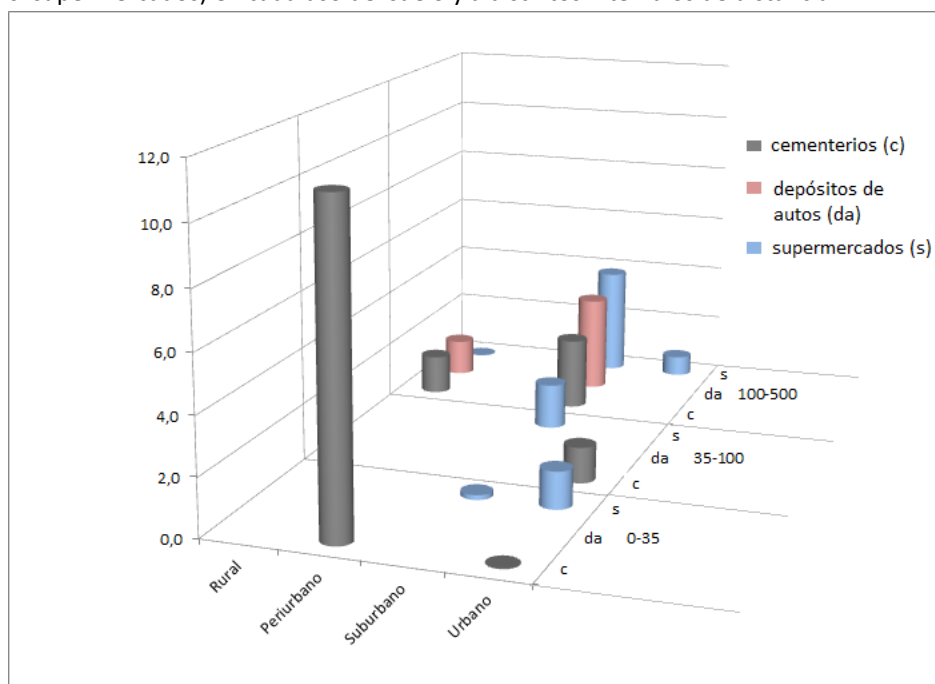
Se mapearon además presencia de cementerios y depósitos de autos. Ambos impactan contaminando las napas por lixiviación, y en consecuencia los cursos de agua (por la dinámica de flujos que existe entre el agua subterránea y el agua superficial). Además se observaron presencia de supermercados, por ser centros muy frecuentados por los habitantes, lo que implica necesidad de movilidad, contaminación acústica y atmosférica. Además, muchos super e hipermercados poseen plantas de tratamiento de líquidos cloacales que no funcionan correctamente y el resultado, si el destino de vuelco es un pluvial, arroyo o río, es la contaminación hídrica superficial.

Como era de esperar se observa que la presencia de cementerios este asociada al uso periurbano, los supermercados al uso suburbano y urbano (Figura 16). Llama la atención que depósitos de autos estén más cerca de zonas suburbanas (esperábamos que afecte más los cursos de periurbano, o rural).

Tabla 8: Longitud (m) de riberas afectadas por cementerios (c), depósitos de autos (da) y supermercados (s) en cada uso del suelo, y distancia a la cual se encuentran de los cursos de agua.

Dist. al curso de agua	Impacto	Rural	Periurbano	Suburbano	Urbano
0-35	c		402,8		4,1
35-100	c				247,2
100-500	c	494,6		246,2	
0-35	da				
35-100	da				
100-500	da	458,9		331,5	
0-35	s			16,2	257,8
35-100	s			154,7	
100-500	s	4,2		373,6	141,3
Total		957,7	402,8	1122,2	650,4

Figura 16: Porcentaje de cursos afectados por distintos impactos (c: cementerios, da: depósito de autos, s: supermercados) en cada uso del suelo y a distintos intervalos de distancia.



Arbolado

El 68,5% de los cursos de agua del partido de Esteban Echeverría presenta algún tipo de arbolado, desde densas forestaciones hasta ejemplares dispersos. El arbolado en general aumenta desde el uso rural a urbano, (55,8% a 88,4% respectivamente). En la tabla 9 pueden observarse las longitudes de riberas con presencia de arbolado, sus distintas disposiciones, y los distintos intervalos de distancias, en cada uso del suelo.

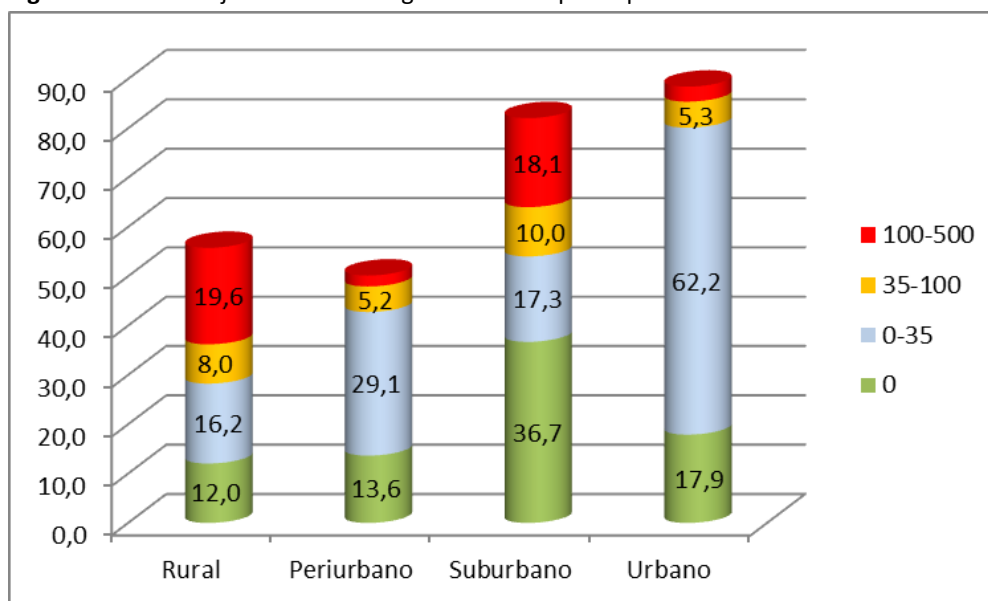
Este tipo de vegetación (no usual en la región), impacta por un lado negativamente, produciendo sombra sobre los cauces de agua, lo que produce un descenso de la temperatura, y por consiguiente incide sobre la fauna ictiológica y sobre las comunidades de vegetación hidrófila y palustre. Su presencia además establece el hábitat para especies de aves no usuales, y favorece la dispersión de semillas y el avance de estas especies en ecosistemas donde no debieran estar presentes. Por otro lado, la vegetación arbórea impacta favorablemente en zonas urbanas, minimizando los efectos de la isla de calor.

Tabla 9: Longitudes (m) de riberas con presencia de arbolado, sus respectivas disposiciones y distancias en cada uso del suelo (f: forestación; l: lineal; a: agrupados; d: dispersos).

Dist. al curso de agua (m)	Tipo de arb.	Rural	Periurbano	Suburbano	Urbano	Total
0	f	1242,5		1741,7	56,2	3040,4
	l	2619	407,3	1791	2899,5	7716,8
	a	180,9			87,5	268,4
	d	287,1	88,2	53,8	506,9	936
0-35	f	1155,2		800,5		1955,7
	l	2223,4	1000,4	577,1	3431	7231,9
	a	197,6		101,2	1394,7	1693,5
	d	2244,5	56,6	214	7513,1	10028,2
35-100	f	124,1				124,1
	l	561,2			62,3	623,5
	a	555,2		531	57,9	1144,1
	d	1621	187,9	444,7	927,7	3181,3
100-500	f	583,9		81,9	84,8	750,6
	l	2810,5		439,7	412,8	3663
	a	1854	72,6	743,5	80,4	2750,5
	d	1778,9	7,9	499,2	25,1	2311,1
Total		20039	1820,9	8019,3	17539,9	47419,1

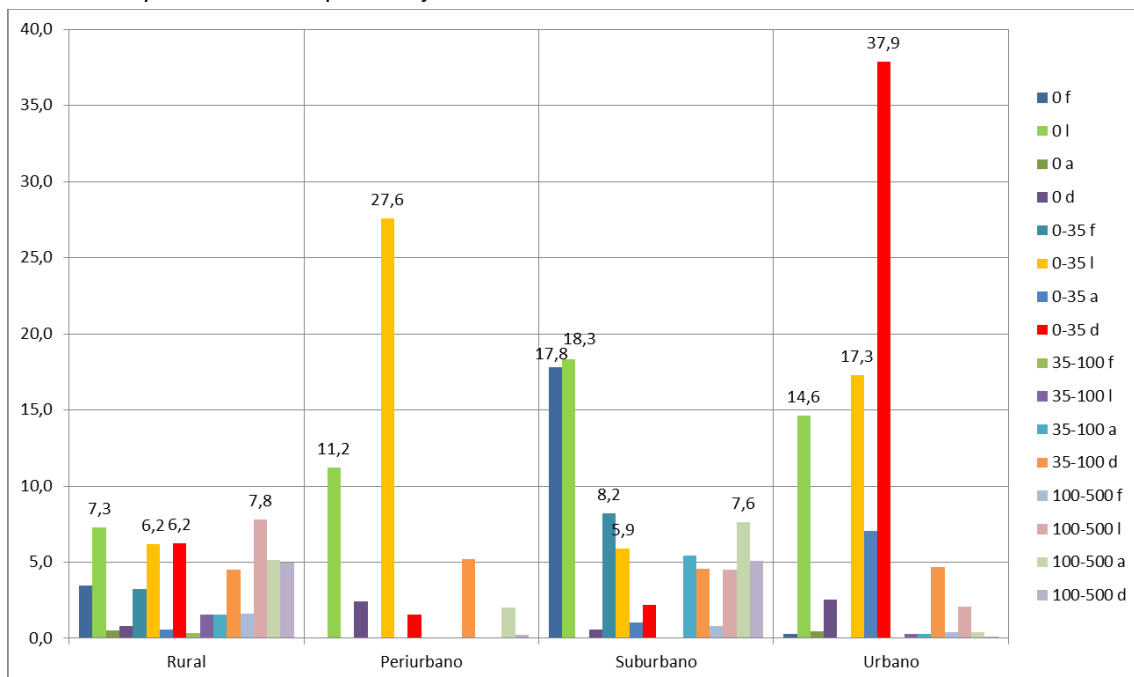
En cuanto a la cercanía del arbolado a los cursos de agua, los usos periurbano y urbano presentan mayormente arbolado entre 0-35 m (29,1 y 62,2 % de sus cursos respectivamente). En el uso suburbano prevalece el arbolado sobre las márgenes (a 0 m., 36,7%), mientras que en el uso rural, prevalece el arbolado entre 100-500 m en un 19,6 % de sus cursos (Figura 17).

Figura 17: Porcentaje de cursos de agua afectados por la presencia de arbolado en cada uso del suelo.



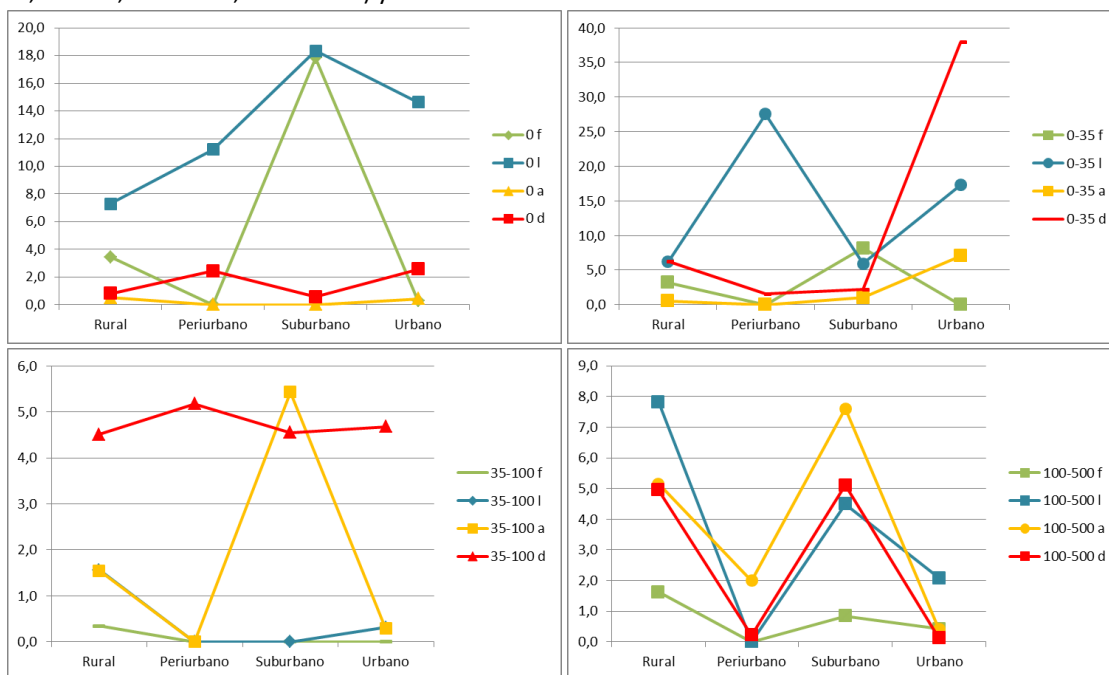
Los cursos de agua que atraviesan el uso urbano se caracterizan por un arbolado lineal (más del 30%), encontrándose en el 14,6% sobre las riberas, y 17,3% entre 0-35 m. Otro 37,9% de los cursos también presentan a esta distancia arbolado disperso. En los cursos del uso suburbano prevalecen las forestaciones y el arbolado lineal sobre las riberas, encontrándose en el 17,8% y 18,3% de sus cursos respectivamente. En el uso periurbano prevalece el arbolado lineal en un 27,6 % de sus cursos, entre 0-35 m, y en menor medida también arbolado lineal sobre sus riberas (11,2%). En el uso rural en mucho menor porcentaje se observa arbolado lineal a 0 m, lineal y disperso a 0-35 m y lineal entre 100-500 m (Figura 18).

Figura 18: Porcentaje de cursos de agua con presencia de arbolado en distintas disposiciones (forestación, lineal, agrupados y dispersos), a diferentes intervalos de distancia, en cada uso del suelo. Solo se incluyó el dato de los porcentajes más altos.



En los gráficos de la figura 19 se observa por separado las fluctuaciones (aumentos y descensos) de porcentajes de cada tipo de arbolado en los distintos usos del suelo.

Figura 19: Serie de gráficos con los porcentaje de cursos de agua afectados por los distintos tipos de arbolado (f: forestación, l: lineal, a: agrupados, d: dispersos), en cada intervalo de distancia estudiado (0 m, 0-35 m, 35-100 m, 100-500 m) y en cada uso del suelo.



Vías de Transporte

La presencia de vías de transporte afecta el 76% de los cursos de agua del todo el partido. Este porcentaje como es de esperar está asociado al gradiente urbano-rural, incrementándose desde el uso rural (58,9%) hasta el uso urbano (97,2%, Figura 20).

Los impactos directos por la construcción y el uso de las vías terrestres son mayor contaminación del aire, ruido, desechos a los lados del camino; derrame de combustibles y aceites por accidentes, contaminación del agua debido a los derrames o la acumulación de contaminantes en la superficie de los caminos. Así como degradación del paisaje, modificación de patrones naturales de drenaje; interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y residentes locales, daños físicos o muerte a animales.

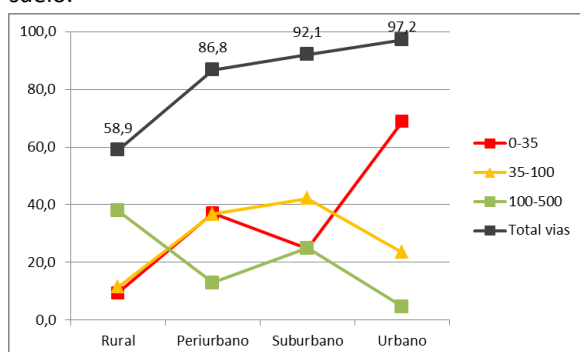
Además se ha descubierto que micropartículas de plástico, como las que liberan los neumáticos de caucho sintético por la fricción con el asfalto, llegan por escorrentía al medio ambiente acuático (Kole et al, 2017; Boucher, 2017; Liu et al. 2019,) y afectan la vida y crecimiento de los peces, ingresando en la cadena trófica de estos (Naidoo, 2019).

Tabla 9: Longitudes (m) de riberas afectadas por presencia de distintas vías de transporte (c: caminos; ca: calles; f: ferrocarril; rac: rutas, autopistas y colectoras), y sus respectivas distancias en los distintos usos del suelo.

Dist. al curso de agua (m)	Tipo de vía	Rural	Periurbano	Suburbano	Urbano	Total
0-35	c	3029,3	1303,7	2032,7	11758,4	18124,1
	ca	276	43	324,5	1404,5	2048
	f				41,1	41,1
	rac	121,5	0,2	75,7	451,5	648,9
35-100	c	1789,7	1242,6	2673,5	4125,5	9831,3
	ca	1198,3		1321,4	529,4	3049,1
	f					
	rac	1143,4	92,1	132,3		1367,8
100-500	c	10441,2	135,7	1594,3	132,2	12303,4
	ca	2088,1	332,6	546,2	196,7	3163,6
	f					
	rac	1096,6		300,9	609,2	2006,7
Total general		21184,1	3149,9	9001,5	19270,3	52605,8

Además observamos que la cercanía de vías de transporte a los cursos de agua se incrementa desde el uso rural a urbano (Figura 20). Vemos como la presencia de vías entre 0-35 m aumenta de rural a urbano, mientras que la afectación por vías entre 100-500 m disminuye.

Figura 20: Porcentaje de cursos de agua afectados por la presencia de vías de transporte en cada uso del suelo.



Las riberas del uso urbano son afectadas en su mayor parte por caminos ubicados entre 0-35 m y 35-100 m (59,3% y 20,8% respectivamente). Los cursos que atraviesan los usos suburbanos también

se ven afectados en gran parte por caminos, en todos los intervalos estudiados (20,8%, 27,4% y 16,3%, Figura 21) y además por calles ubicadas entre 35-100 m de las riberas (13,5%). El uso periurbano se caracteriza por caminos entre 0-35 m y 35-100 m de las riberas, afectando el 35,9% y 34,2% de los cursos de agua. Y por último la zona rural también se caracteriza por presencia de caminos entre 100-500 m de las riberas afectando el 29,1% de sus cursos.

Era de esperar que haya un incremento asociado al gradiente urbano-rural, pero llama la atención que en todos los usos de suelo, la principal vía de transporte que afecta los cursos de agua sean los caminos. Esto puede deberse en usos urbanos a que no se avanzó con obras de pavimentación porque no estaba permitida ni prevista la urbanización en dichas zonas (probablemente sean asentamientos informales).

En los gráficos de la figura 22 se observa por separado las fluctuaciones (aumentos y descensos) de porcentajes de cada tipo de vías de transporte, en los distintos usos del suelo. Vemos como a una distancia entre 0-35 aumentan todos los tipos de vías, mientras que disminuyen entre 35-100 m y 100-500 m de rural a urbano.

Figura 21: Porcentaje de cursos de agua afectados por los distintos tipos de vías de transporte (c: caminos; ca: calles; f: ferrocarriles; rac: rutas incluyendo autopistas y colectoras) y sus respectivas distancias en cada uso del suelo. Solo se incluyó el dato de los porcentajes más altos.

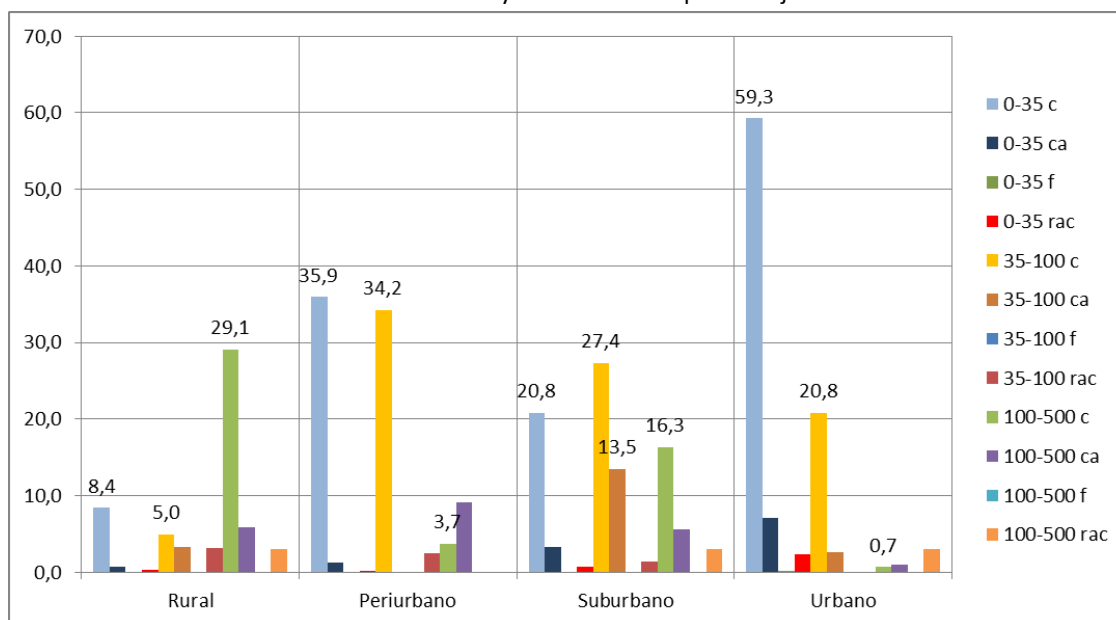
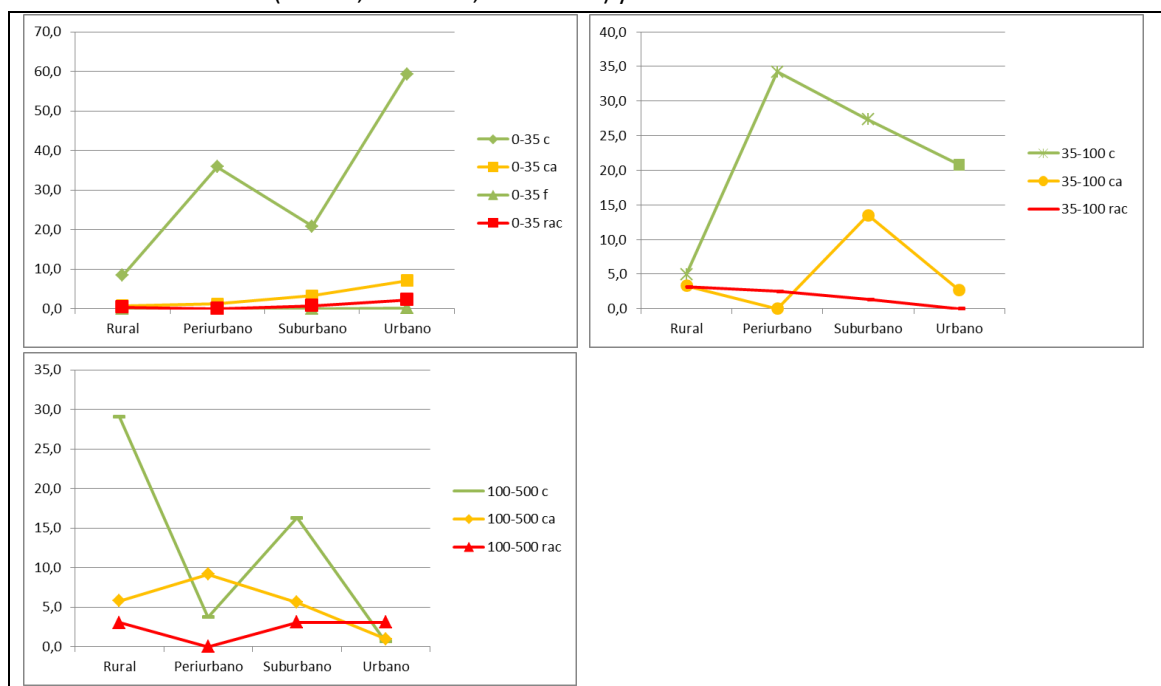


Figura 22: Serie de gráficos con los porcentaje de cursos de agua afectados por los distintos tipos de vías de transporte (c: caminos; ca: calles; f: ferrocarril; rac: rutas, autopistas y colectoras), en cada intervalo de distancia estudiado (0-35 m, 35-100 m, 100-500 m) y en cada uso del suelo.



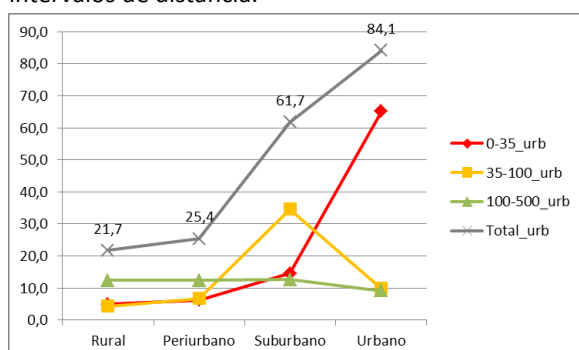
Urbanización

La urbanización afecta el 45,5% de cursos de agua del partido. Este porcentaje, como es lógico de pensar, aumenta con el gradiente urbano-rural, afectando un 21,7% de las riberas en zona rural, hasta llegar a un 84% en uso urbano (Figura 23).

Tabla 10: Longitudes (m) de riberas afectadas por urbanización (su: suburbano, u: urbano), y sus respectivas distancias a los cursos de agua, en cada uso del suelo.

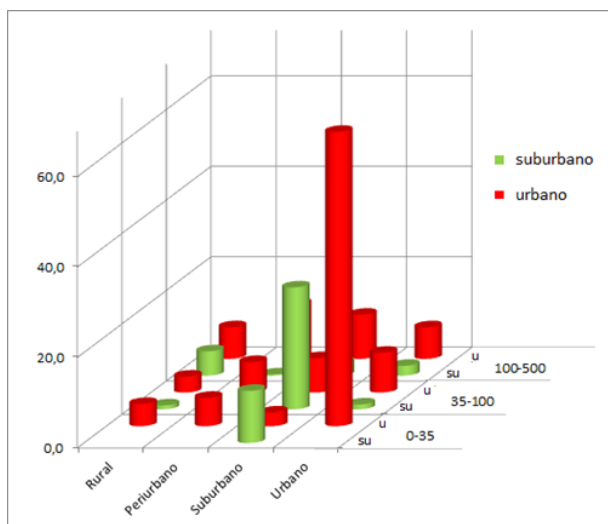
Dist. al curso de agua (m)	Tipo de urb.	Rural	Periurbano	Suburbano	Urbano	Total
0-35	SU			1127,2		1127,2
	u	1763,9	227,8	295,8	12907,8	15195,3
35-100	SU	309,2		2635,5	212,6	3157,3
	u	1265,1	245,1	743,7	1743,9	3997,8
100-500	SU	1939,5	10,8	274,2	433,4	2657,9
	u	2520,9	437,5	955,1	1388,2	5301,7
Total general		7798,6	921,2	6031,5	16685,9	31437,2

Figura 23: Porcentaje de cursos de agua afectados por la urbanización en cada uso del suelo y a distintos intervalos de distancia.



En la figura 23 observamos que las riberas de uso urbano se ven afectadas por urbanización entre 0 y 35 m (65%) y las de uso suburbano se caracterizan por urbanización entre 35-100 m (casi 35%). Esto se debe a que la urbanización en el uso periurbano es generalmente de barrios privados, en los cuales es imposible asentamientos cercanos a los cursos de agua.

Figura 24: Porcentaje de cursos de agua afectados por los distintos tipos de población (u: urbano, su: suburbano) y sus respectivas distancias en cada uso del suelo. Solo se incluyó el dato de los porcentajes más altos.



Respecto al tipo de urbanización, en la figura 24 se observa como es de esperar, que el uso urbano este caracterizado por urbanización consolidada y/o asentamientos entre 0-35 m y que en el uso suburbano prevalezca la urbanización definida con el mismo nombre. Además en la figura se pueden observar a que distancia del curso hay mayor porcentaje de urbanización, siendo que en el uso suburbano el mayor porcentaje entre 35-100 m.

Proyecto de rehabilitación

“...Que el río vuelva a funcionar como un río” (Ollero Ojeda, 2015)

Lugar/sitio: cursos de agua del partido de Esteban Echeverría que atraviesan el uso de suelo urbano.

Descripción: a partir de datos relevados en un estudio realizado a escala local en el Ao Ortega (Faggi et al., 2015), se detectó que la mayoría de los cursos de esta región se caracterizan por un espacio ripario reducido, ausencia de plantas flotantes, escasez de plantas palustres, presencia de basura y descargas de efluentes junto con mala calidad del agua y asentamientos precarios cercanos. En particular, escasa cobertura vegetal y muy pocas hierbas nativas.

Cursos de agua que atraviesan zonas urbanas

Figura 25. Tramos de cursos de agua seleccionados para planificar su rehabilitación.

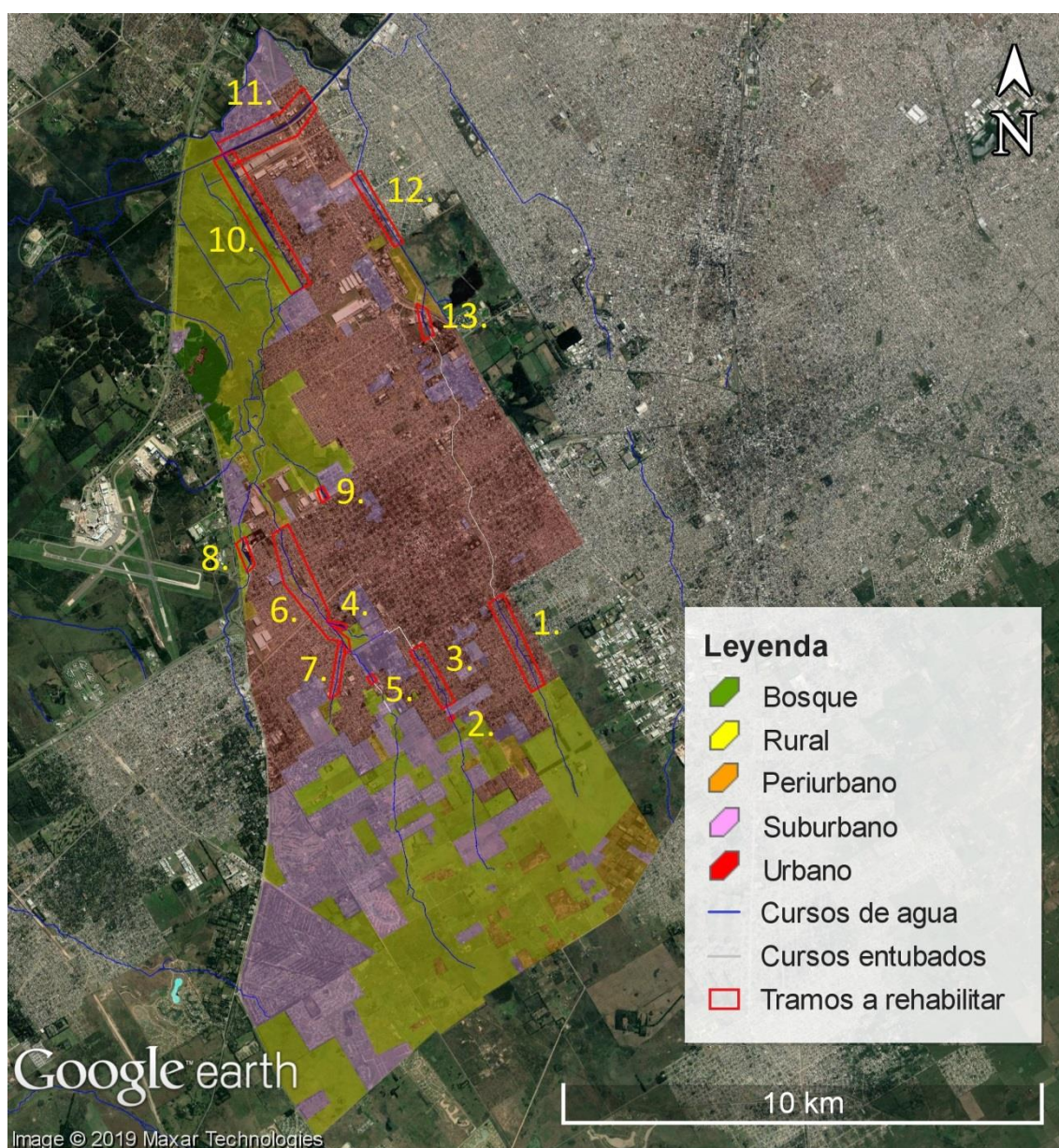


Tabla 11: Tramos a rehabilitar, su longitud (m) y principales impactos.

Tramo	Curso de agua	Longitud	Principales impactos
1.	Ao. Sta. Catalina	2000	Puentes peatonales y de calles cada 200/300 m. Vías de transporte a ambas márgenes generalmente caminos (calles de tierra, sin asfalto). Urbanización a menos de 15 m del curso de agua. 150 m afectados por zona industrial.
2.	Ao. Medrano	100	Urbanización informal sobre la ribera, con un puente peatonal. Se observa basura dispersa sobre el curso de agua.
3.	Ao. Medrano	1500	Caminos de tierra en una o ambas márgenes. Puentes cada 100 m aprox. Hay zonas donde sobre el arroyo se cruzó algunas tablas de madera para el ingreso a la vivienda, por lo cual esta especie de puentes es más frecuente. Urbanización a menos de 15 m de la ribera. 200 m afectados por zona industrial.
4.	Ao. Medrano	400	Mayor presencia de vegetación arbórea y arbustiva. Caminos de tierra a ambas márgenes. Dos puentes de caminos. Viviendas a 20-30 m. de las riberas. Un microbasural.
5.	Ao. Ortega	200	Caminos de tierra a ambas márgenes. Urbanización a menos de 15 m de la ribera. Este tramo recibe los efluentes líquidos del frigorífico VelSud S.A. La industria esta asentada sobre el curso de agua entubado, en su predio se observan dos piletones, y un paredón que atraviesa el arroyo limitando la industria.
6.	Ao. Ortega	3000	Caminos a ambas márgenes, calles asfaltadas en una margen. Puentes peatonales, de calles, rutas, y ferrocarril. 300 m afectados por la curtiembre Monte Grande. Enfrente, sobre la otra margen un basural afectando casi 150 m. Urbanización entre 0-35 m. en ambas márgenes. Zonas con asentamientos informales sobre la ribera. Basura sobre el curso de agua.
7.	Ao. Los Molinos	1100	Caminos de tierra a ambas márgenes. Algunos microbasurales sobre las riberas. Urbanización a menos de 15 m. Aguas arriba el arroyo atraviesa el cementerio Manantial.
8.	Ao. Guillermina	900	Lindera a la planta de la empresa avícola Cresta Roja. Por las algunas imágenes parecería que el curso esta rehabilitado.
9.	Ao. El Triángulo	300	Zona industrial a menos de 15 m. Se observa movimiento de suelos sobre la margen izquierda, y trabajos con maquinaria dentro del curso de agua. Barrio privado entre 35-100 m.
10.	Canal Huergo	3200	Urbanización y camino de tierra solo sobre la margen derecha, a menos de 15 m. 250 m. afectados por un basural. 400 m afectados por zona industrial con un piletón. La margen izquierda lindera a la Reserva Laguna de Rocha.
11.	Riachuelo	2100	Arbolado lineal y disperso a ambas márgenes. Mayor espacio ribereño, delimitado en algunos tramos por estructuras de hormigón. Calle sobre una margen a menos de 35 m. Un solo puente de ruta. 1500 m de urbanización informal a 35 m. Más de 200 m afectados por un basural a 35 m del curso de agua. Zona industrial a lo largo de todo el tramo.
12.	Ao. Sta. Catalina	1700	1600 m afectado por asentamientos informales sobre la ribera. Con varios microbasurales, y basura sobre el curso de agua. Solo tres puentes de calles en toda la extensión.
13.	Ao. Sta. Catalina	650	Riberas cubiertas por estructuras de hormigón a ambas márgenes. Zona industrial en toda la extensión.

Presiones:

Considerando los resultados obtenidos en este trabajo a partir del análisis de imágenes y en otros estudios realizados a escala local (Faggi et al., 2015; Guida Johnson 2015), podemos sintetizar que las principales presiones sufridas por los cursos de agua en zonas urbanas son las siguientes:

- Alteración del régimen de caudales. La impermeabilización de la llanura de inundación producto de la urbanización y la presencia de desagües pluviales que provocan el aumento de los caudales especialmente durante las precipitaciones.
- Alteraciones geomorfológicas generadas por la desnaturalización hidrológica. Las canalizaciones y rectificaciones que se realizan en las zonas urbanas para disminuir la probabilidad de inundaciones provocan la alteración de los flujos sedimentarios, el deterioro de la forma del cauce, el fondo y las márgenes, generando la destrucción del hábitat.
- Reducción funcional de la llanura de inundación (por impermeabilización).
- Alteración de las características físico-químicas del agua. Contaminación química y biológica a causa de efluentes domésticos e industriales no tratados, lo que altera las características biológicas como la fauna bentónica de invertebrados, la flora acuática y fauna ictiológica (Ollero Ojeda, 2015)
- Pérdida de especies nativas.
- Invasiones de especies exóticas.

Figura 26. Cursos de agua del sector de la cueca media de la CMR. Fuente: Faggi et al. (2015)



Medidas:

Todas las acciones presentes y futuras tienen que estar comprendidas dentro de un margen legal y técnico (avalada por profesionales de cada área). Es por esto que se requiere evaluar la legislación vigente, los organismos de control, y de no ser suficientes, nueva legislación que contemple medidas para minimizar las presiones mencionadas anteriormente.

En este contexto se tiene en cuenta la necesidad de definir la Línea de Ribera, una herramienta normativa establecida por el código civil y comercial nacional, la cual por ley provincial nº12.257 Código de Aguas, debe ser aplicada por la Autoridad del Agua de la Provincia de Bs.As (ADA). En otras palabras, la línea de ribera debe ser determinada por ADA (previa solicitud) y junto a normativa sobre espacio público y ordenamiento territorial es que deben protegerse y resguardarse las riberas aun no ocupadas.

Algunas medidas propuestas son:

- Buscar alternativas posibles de ordenamiento territorial, que tengan como principal objetivo resguardar las riberas y el carácter público de los recursos naturales, teniendo en cuenta el proyecto de urbanización municipal, provincial y nacional (Zanzottera, 2018).

- Prohibición/restricciones máximas de dragados, canalizaciones, rectificaciones, limpiezas agresivas que destruyan el ecosistema.

- Reglamentación y/o control más riguroso sobre los vuelcos permitidos de efluentes líquidos industriales.

- Programas de formación técnica.

- Planes de educación ambiental/concientización en escuelas cercanas, centros barriales, comunitarios, clubes, etc. que tengan llegada a toda la población local. Destinados a niños y adultos (Meliganani, 2017).

Acciones:

Se recomienda que las acciones enumeradas a continuación sean aplicadas en grandes tramos pues una rehabilitación muy localizada en un pequeño tramo apenas tendría efectos hidrológicos o ecológicos. Además de esta forma se favorece el efecto corredor, propio de las riberas, gracias al cual se producen desplazamientos de la fauna (Generalitat Valenciana, 2008).

1) Remoción de basura y escombros

Es necesario dejar las riberas y cursos de aguas libres y limpias de basura, para poder introducir nuevas especies. Además, es una medida de saneamiento, ya que se combaten especies de roedores e insectos transmisores de enfermedades infecciosas. En esta etapa no deben removerse ramas y árboles muertos ya que pueden funcionar como sitios de refugio y nidificación. Tampoco deben removerse las plantas flotantes.

Figura 27. A la izquierda, curso de agua de la cuenca media de la CMR. A la derecha, limpieza de márgenes llevado a cabo por la municipalidad. Fuentes: Faggi et al. (2015) y Municipalidad de Alte Brown (2013).



2) Remoción de especies exóticas con técnicas físicas (manual)

Esta acción implica una evaluación de cada tramo en campo, ya que no siempre es recomendable remover todas las especies exóticas. Dado que la revegetación puede llevar un tiempo

bastante prolongado, en especial cuando se trata de especies arbóreas, remover completamente todas las especies exóticas significaría eliminar los pocos hábitats de aves, insectos y anfibios que todavía quedan en el tramo. Esta consideración puede realizarse siempre y cuando no se trate de especies invasoras, las cuales, por sus características pueden propagarse rápidamente y ocupar nichos de especies nativas. En el caso de las especies invasoras conocidas, se recomienda su remoción completa.

Herbáceas exóticas (*Festuca arundinacea*, *Arundo donax*, *Pichris echioides*, *Lactuca saligna*). - Control: corte y eliminación de rizomas.

Figura 28. Herbáceas exóticas, de izquierda a derecha: *Festuca arundinacea*, *Arundo donax* (arriba), *Pichris echioides* y *Lactuca saligna* (abajo).



Otras exóticas son: *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense* y *Ricinus communis*.

Figura 29. Herbáceas exóticas, de izquierda a derecha: *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense* y *Ricinus communis*.



Leñosas Invasoras (*Acer negundo*, *Gleditsia triacanthos*, *Morus alba* y *nigra*), estos son árboles utilizados para sombra y leña de fácil dispersión por viento y/o aves. - Control: realizar un corte en el tronco a modo de anillo que alcance el tejido de conducción. Esto producirá la muerte del árbol invasor.

Figura 30. Leñosas invasoras, de izquierda a derecha: *Acer negundo*, *Gleditsia triacanthos*, *Morus nigra*.



Exóticas ornamentales como *Humulus japonicus* y arbóreas como, alamos (*Populus* spp.), fresno y *Eucalyptus* sp.

Figura 31. Exóticas ornamentales, de izquierda a derecha: *Humulus japonicus* y arbóreas como, alamos (*Populus* spp.), fresno y *Eucalyptus* sp.



3) Estabilización de riberas con biorrollos y mantas orgánicas.

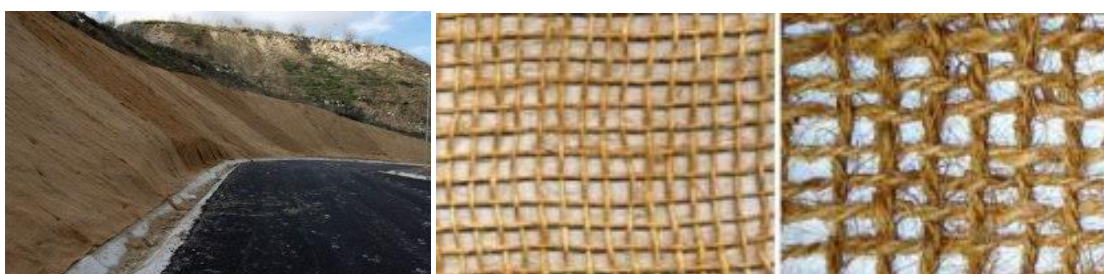
Para acelerar la revegetación de las orillas, pueden aplicarse biorrollos, los cuales son estructuras cilíndricas de 15 centímetros de diámetro y de longitud variable. Los biorrollos pueden aplicarse también en orillas con pendientes muy pronunciadas sujetándolos con estacas (Faggi, 2015).

Las mantas son redes o tejidos orgánicos biodegradables de fibras vegetales que se extienden y se fijan a la superficie del suelo adaptándose y recubriéndolo. Estas mallas facilitan la colonización de la vegetación en terrenos erosionados e inclinados. Las mantas retienen la humedad y facilitan la fijación de semillas, protegiendo el terreno del viento y de fuertes precipitaciones hasta que se cubra con vegetación (Basílico et al., 2016). Esta técnica se puede combinar junto con la hidrosiembra, que implica la proyección sobre el terreno de una mezcla acuosa de semillas, fertilizantes y sustancias adherentes.

Figura 32. Biorrollos. Prueba piloto realizada por ACUMAR en el Arroyo Morales en un predio lindero al ex basural, Marcos Paz (Cuenca Alta). Fuente: ACUMAR (2019b).



Figura 33. Mantas orgánicas. Fuente: Miguez (2014)



Para los biorrollos se recomiendan plantas de fácil enraizamiento. En cauces, se suelen utilizar junco (*Schoenoplectus californicus*), y otras palustres (*Hydrocotyle bonariensis*, *H. ranunculoides*, *Polygonum punctatum*, *Polygonum stellerum*, *Polymnia connata*, *Iternanthera philoxeroides*, *Eichornia azurea*, *Typha latifolia*).

4) Introducción de especies nativas.

Se recomienda reintroducir especies nativas para aumentar la diversidad local, asegurándose de contar con diversos estratos (hierbas, arbustos y árboles). Esto permite contribuir a la formación de biocorredores, que serán hábitat de innumerables especies de aves, que han desaparecido en las ciudades, y que pueden reincorporarse al recuperar una franja de ambiente natural, como ser bosques de ceibos, alisos y/o sauces criollos (Faggi et al, 2015). La región en la cuenca baja corresponde a un bosque y matorral ribereño similar al que se observa hoy en el delta bonaerense con la presencia de ceibo (*Erythrina crista-galli*), curupí (*Sapium haematospermum*), aliso de río (*Tessaria integrifolia*), sauce criollo (*Salix humboldtiana*), ombú (*Phytolacca dioica*).

Figura 34. Especies arbóreas, de izquierda a derecha: *Erythrina crista-galli*, *Sapium haematospermum*, *Tessaria integrifolia*.



Figura 35. Especies arbóreas, de izquierda a derecha: *Salix humboldtiana* y *Phytolacca dioica*.



El estrato arbustivo es de flores vistosas compuesto por camará (*Lantana camara*), rosa de río (*Hibiscus cisplatinus*), sarandí blanco (*Phyllanthus sellowianus*) y colorado (*Cephalanthus glabratus*), acacia mansa (*Sesbania punicea*).

Figura 36. Especies arbustivas, de izquierda a derecha: *Lantana camara*, *Hibiscus cisplatinus*, *Phyllanthus sello* (arriba), *Cephalanthus glabratus* y *Sesbania punicea* (abajo).



Otras arbustivas son *Aloysia Grattisima*, *Acacia bonariensis*, *Acacia caven*, *Senna corymbosa*, *Caesalpinia gilliesii*, *Abutilon grandifolium*. Además de *Cestrum parquii*, *Pavonia hastata*, *Sambucus australis*, *Phytolacca tetramera* y *Eupatorium inulaefolium*.

Figura 37. Plantas arbustivas nativas de la CMR. De izq. a dcha: *Aloysia Grattissima*, *Acacia bonariensis*, *Acacia caven* (arriba). *Senna corymbosa*, *Caesalpinia gilliesii*, *Abutilon grandifolium* (centro). *Cestrum parquii*, *Pavonia hastata*, *Sambucus australis* (centro). *Phytolacca tetramera* y *Eupatorium inulaefolium* (abajo).



Figura 38. *Nassella hialina*, *Celtis tala*.



En las orillas cercanas al agua crece una pradera compuesta por herbáceas palustres como saeta (*Sagittaria montevidensis*), junco (*Schoenoplectus californicus*), lagunilla (*Alternanthera philoxeroides*), cucharero (*Echinodorus macrophyllus*), redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides* e *H. bonariensis*), yerba del bicho (*Polygonum punctatum*), camalotes (*Pontederia cordata* y *P. rotundifolia*), margarita de bañado (*Senecio bonariensis*), junto a diversas ciperáceas, gramíneas (*Paspalum distichum*, *Echinochloa helodes*) y juncáceas, entre otras especies. Como ya fue mencionado, algunas de estas pueden aplicarse en los biorrollos.

Figura 39. Ejemplos de herbáceas palustres en cursos de la CMR.



Sobre el espejo de agua crecen plantas flotantes como lentejas de agua (*Lemnáceas*), helechitos de agua (*Azolla filiculoides*, *Salvinia biloba*), cucharitas de agua (*Limnobium spongia*), repollito de agua (*Pistia stratiotes*), varias con propiedades de acumular metales pesados (Bres et al., 2012).

Figura 40. Plantas flotantes nativas de la CMR. De izq. a dcha: Lemnáceas, *Azolla filiculoides* y *Salvinia bilob* (arriba). *Limnobium spongia* y *Pistia stratiotes* (abajo).



En la cuenca media y alta la vegetación natural se despliega como un pastizal de flechilla mansa (*Nassella hyalina*) y cebadilla criolla (*Bromus catharticus*) en los relieves más altos y una pradera húmeda en las orillas similares a las de la cuenca baja (Faggi et al., 2015).

5) Medidas sociales:

Considerando que se propone recuperar tramos de riberas asociadas al ambiente urbano, es fundamental incluir medidas orientadas a crear espacios que puedan ser utilizados por las comunidades locales para la recreación y a la educación ambiental. Estas medidas incluyen:

- Creación de senderos accesibles para todas las edades, es por eso que se deberá tener en cuenta diversos materiales, para diversificar los diseños de caminos. Incluso se pueden hacer senderos hasta la orilla para acercar aún más a los habitantes con el medio natural y conocer especies propias de la zona acuática. Recomendamos que se construyan con materiales naturales como piedras, grava, y troncos.
- Instalación de bancos confortables para descansar y disfrutar de la belleza escénica y reducir el stress, instalados en zonas donde se favorezca la visión del curso de agua y el corredor.
- Instalación de cartelería y luminaria. La luminaria en lo posible (según el presupuesto) debería ser a energía solar. Es importante que la cartelería incluya información acerca de las especies, sus principales características, formas de propagación, los beneficios que proveen al ecosistema, en un lenguaje comprensible. También debe incluirse cartelería que desaliente la alimentación de palomas y gorriones para evitar crecimientos excesivos de sus poblaciones

En tramos donde el espacio ripario sea muy reducido se puede ampliar reforestando con nativas en las veredas adyacentes. Además, en donde no haya todavía asfalto, habría que proyectar una obra con empedrado, pedregullo o prefabricados que no impermeabilicen el suelo.

Figura 41. Estilos posibles de senderos, bancos, cartelería, luminaria y calles ecológicas. Fuente: Habitissimo, sendero peatonal ecológico. Inoplay, bancas para parques. IW8, luminaria led. Prefabricados en concreto Camacol Antioquia, entre otros.



DISCUSION

Esteban Echeverría es uno de los pocos partidos en la CMR donde se encuentra un 60 % de la superficie urbanizada (urbano y suburbano) y el otro casi 40 % sin urbanizar (usos bosque, rural, y periurbano). Esto significa que es ideal para implementar planes de rehabilitación y conservación. Además, existe una Reserva natural, uno de los pulmones verdes más importantes de la CMR en un territorio que abarca más de 1400 hectáreas de las cuales solo 640 se encuentran protegidas por Ley. El resto sufre constantes presiones antrópicas que habría que evitar mediante medidas de control y conservación.

Del análisis de los impactos se observó en la mayoría de los cursos de zonas urbanas, poco espacio ribereño, escasa vegetación, impermeabilización de la llanura de inundación, presencia de vías de transporte (incluyendo numerosos puentes), asentamientos informales, presencia de basurales, depósitos de autos, entre otros. La mayoría de estos impactos se podrían minimizar relocalizando viviendas, implementando un plan de gestión de residuos sólidos urbanos, un plan de rehabilitación y una correcta planificación del avance de la urbanización.

Para conseguir un buen estado de los cursos de agua en el partido estudiado, se sugiere complementar el análisis de los impactos con investigaciones *in situ*, como por el ejemplo en el caso de los puentes, hubiera sido interesante considerar otras características como la presencia o ausencia de pilotes (columnas) o la "luz" del puente. En el arbolado también podría haberse analizado las especies, el tipo de foliación (caducifolia o peremne) entre otras características. Lógicamente estas alternativas demandarían un relevamiento de campo intensivo. Además sería óptimo complementar el proyecto de rehabilitación de riberas de zonas urbanas, avanzando hacia las de uso suburbano, periurbano y rural. Y una adecuada planificación del avance de la urbanización, que respete las funcionalidades del río y de sus llanuras de inundación. Además, se podría avanzar con investigaciones *in situ* sobre la calidad físico-química del agua asociada a en los diferentes usos del suelo, y su relación con la vegetación existente, a fin de verificar el cumplimiento de la normativa ambiental, y/o de los incentivos para readecuaciones de procesos industriales. Tanto la planificación de la urbanización como de los planes de incentivos deberían ser estudiados específicamente, tratados y discutidos con personal de catastro, agentes inmobiliarios, y cámara de industriales respectivamente.

La metodología utilizada en este trabajo tiene la particularidad de ser bastante fiel a la realidad por la alta resolución espacial de las imágenes. Sin embargo, se podría mejorar mucho el análisis de uso del suelo, si tuviésemos a disposición un plano de catastro con el uso de cada parcela. Aunque los resultados no variarían demasiado, se obtendría un mapa más detallado y con mayor exactitud los límites de los usos del suelo.

La metodología implementada resultó ser sencilla, de fácil aplicación y acceso ya que se utilizó software libre para el análisis de los datos. Además, puede ser reproducida en cualquier otro curso de agua de la cuenca o de otras cuencas si hay heterogeneidad en los usos del suelo. Sino, debería definirse otra categorización de los usos de suelo acorde al sitio de estudio, pero siguiendo la misma metodología. Lo más importante es poder obtener un mapa de usos del suelo actualizado. Por otro lado, también los impactos a observar sobre las riberas deben ser definidos según las características y actividades económicas del sitio. De esta forma, esta metodología puede fácilmente adecuarse a otros sitios de estudio para identificar y caracterizar los impactos antrópicos que ocurren sobre las riberas y así obtener información que permita proponer medidas para rehabilitarlas.

BIBLIOGRAFÍA

ACUMAR. 2013. Autoridad Cuenca Matanza Riachuelo. Disponible en: <http://www.acumar.gov.ar> (consultado el 23/05/2013).

ACUMAR. 2014a. Autoridad Cuenca Matanza Riachuelo [en línea]
<http://www.acumar.gov.ar/institucional/37/mapa-de-la-cuenca> (consultado el 18/02/2014).

ACUMAR. 2014b. Autoridad Cuenca Matanza Riachuelo [en línea]
<http://www.acumar.gov.ar/institucional/1066/historia-de-la-cmr> (consultado el 18/02/2014).

ACUMAR. 2014c. Autoridad Cuenca Matanza Riachuelo [en línea]
<http://www.acumar.gov.ar/institucional/120/causa-mendoza> (consultado el 18/02/2014).

ACUMAR. 2019a. Más del 80% de la contaminación orgánica del Riachuelo es cloacal. Disponible en:
<http://www.acumar.gov.ar/ultimas-noticias/efluentes-cloacales-riachuelo/>

ACUMAR. 2019b. Prueba piloto: Arroyo Morales, Marcos Paz (predio lindero al ex basural), Cuenca Alta. Disponible en: <http://www.acumar.gov.ar/impacto-ambiental/recuperacion-conservacion-ambiental/> (consultado el 27/11/2019)

Allen A. 2003. Environmental planning and management of the peri-urban interface: perspectives on an emerging field. *Environment & Urbanization* 15, 135-147.

Asociación Civil Colectivo Ecológico "Unidos Por Laguna de Rocha - ¡Reserva Natural YA!". 2015. [en línea] <http://www.laguna-rocha.com.ar/p/qu-es.html> (consultado el 24/08/2015).

Barsky A. 2005. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. *Scripta Nova*.

Basilico, G.O., L. de Cabo, A. Faggi, S. Miguel. 2016. Low-tech alternatives for the rehabilitation of aquatic and riparian environments. In Ansari et al. (eds.): *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*. Cham: Springer.

BI&GCS (Blacksmith Institute and Green Cross Switzerland). 2013. The Worlds Top Ten Toxic Threats in 2013. Disponible en <http://www.worstpolluted.org/docs/TopTenThreats2013.pdf> (consultado el 20/02/2015).

Bradshaw, A.D. 1996. Underlying principles of restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 (1): 3-9.

Brailovsky, Antonio & Foguelman, Dina. 2009. Memoria verde. Historia ecológica de la Argentina. 8° Ed. Buenos Aires. 352 pp. ISBN 10: 987-1138-30-X.

Bres, P., otros autores. 2012. Capacidad de las macrófitas Lemna minor y Eichhornia crassipes para eliminar el níquel. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias* 38(2) 153-157

Bonvecchi, V.E., Serafini., M.C. y Zuleta, G.A.. 2007. El proceso de desarrollo urbano y la degradación de los recursos naturales: suelo y agua. *SELP* 25(2) 20-30.

- Boucher, J., D. Friot. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. 43pp.
- Castro, R., H. Kravetz, G. Pozzer. Del discurso único a la Tercera Vía. Deuda externa y Deuda ecológica. El caso particular de América Latina. Universidad de Flores. 76 pp.
- Comín, F.A. 2002. Restauración ecológica: teoría versus práctica. Ecosistemas, Año XI, n° 1, 1-5. Disponible en: www.revistaecosistemas.net
- Cumbre de Johannesburgo, 2002. Información sobre... Agua. Disponible en: <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/pk/wssd4watersp.pdf>
- Confederación Hidrográfica del Segura, 2008. Restauración de Riberas. Manual para la restauración de riberas en la Cuenca del Río Segura. España. 227 pp. ISBN: 13:978-84-612-2891-1.
- Faggi, A.M., otros autores. 2015. La cuenca Matanza-Riachuelo: una mirada ambiental para recuperar sus riberas. 1a ed. - Buenos Aires: Universidad de Flores
- Fundación Ciudad. 2002. Foro Desarrollo Sostenible de la Cuenca Matanza-Riachuelo. Guía de trabajo. 48pp. ISBN 987-1032-02-1.
- Fundación Nueva Cultura del Agua. 2014. [en línea]<http://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/agua-y-ecosistemas/la-restauracion-de-rios-y-riberas-el-territorio-fluvial/en-que-consiste-y-que-aplicaciones-tienen-las-tecnicas-y-materiales-de-bioingenieria> (consultado el 07/08/2014).
- Gavilán, B., I. Massa, N. Guezuraga, A. Bergara, R. López-Arostegui. 2010. Guía para la gestión de proyectos sociales. Equipo del Observatorio del Tercer Sector de Bizkaia. Imprenta: Berekintza. ISBN-13: 978-84-936634-3-8. Disponible en: www.3sbizkaia.net
- Generalitat Valenciana. 2008. Áreas de riberas sostenibles. Una guía para su gestión. 288 pp. ISBN: 978-84-482-4966-3.
- González del Tánago, M. 2003. La restauración de los cauces y riberas fluviales. Méthode, 38: 88-92, Universitat de Valencia. Disponible en: www.revistametode.com
- González del Tánago, M. 2004. Restauración de los ríos: Conceptos, objetivos y criterios de actuación. Congreso de Restauración de Ríos y Humedales: 15-32. J. Chacón de Mesa y T. López-Piñeiro (eds.). CEDEX, Serie Congresos, Ministerio de Fomento de Madrid.
- Gonzalez Urruela, E. 1987. La Evolución de los estudios sobre áreas periurbanas. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 33, pp 439-448.
- Greenpeace. 2014 [en línea] <https://p3-admin.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/agua/> (consultado el 15/12/2014)
- Gregory, K.J. 2006. The human role in changing river channels. Elsevier. Geomorphology 79, 172–191.
- Groffman, P.M.; D.J. Bain, L.E. Band, K.T. Belt, G.S. Brush, J.M. Groves, R.V. Pouyat, I.C. Yesilonis, W.C. Zipperer. 2003. Down by the riverside: urban riparian ecology. Front Ecol Environ 1(6): 315-321.

Guida Johnson, B. 2015. Rehabilitación de ambientes degradados en la cuenca Matanza-Riachuelo: enfoque a múltiples escalas. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de General Sarmiento, Buenos Aires, Argentina.

INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010. [en línea] <http://www.sig.indec.gov.ar/censo2010/>(consultado el 26/08/2015).

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2014. México. [en línea] <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion> Última actualización Jueves, 08 de Mayo de 2014 16:14 (consultado el 30/07/2014).

Kauffman, J.B., W.C. Krueger. 1984. Livestock Impacts on Riparian Ecosystems and Streamside Management Implications... A Review. *Journal of Range Management* 37 (5).

Kole, P.J., A.J. Löhr, F.G.A.J. Van Belleghem, A.M.J. Ragas. 2017. Wear and tear of tyres: a stealthy source of microplastics in the environment. *International journal of environmental research and public health* 14 (10), 1265. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5664766/>

Lafflito, C.M., G.A. Zuleta. 2012. Memorias IX Congreso Latinoamericano IIE. El periurbano y la planificación de ciudades sustentables. El caso de Buenos Aires, Argentina.

Lafflito, C.M., G.A. Zuleta, D. Schell, B. Guida Johnson. 2011. Land use at the watershed scale: restrictive factors or opportunities for environmental rehabilitation? Case study in Buenos Aires, Argentina. 4th World Conference on Ecological Restoration. Mérida, México. 21 al 25 de agosto de 2011.

Liu, F., Borg Olesen K., Reimer Borregaard A. y Vollertsen J. 2019. Microplastics in urban and highway stormwater retention ponds. *Science of the Total Environment* 671, 992–1000. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.416>

Luna, R., D. Chaves. 2001. Guía para elaborar estudios de factibilidad de proyectos ecoturísticos Guatemala. PROARCA/CAPAS. Disponible en: <http://190.11.224.74:8080/jspui/bitstream/123456789/440/1/2106408270.pdf> (consultado el 04/08/2015)

Magnani, R. Soja y agrotóxicos entre barrios y casas. *Diario Página 12*. Edición impresa. 24 de diciembre del 2011. Disponible en: <http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-184176-2011-12-26.html> (consultado el 26/08/2015).

Mastroscello, N. 1995. Campaña: Unidos podemos... “Salvar a la laguna de Rocha” Un frágil ecosistema en peligro. [en línea] <http://www.ambiente-ecologico.com/revist27/rocha27.htm> (consultado el 26/08/2015).

Malpartida, A.R. 2004. La Cuenca del Río Matanza-Riachuelo. Revisión de antecedentes de: Recursos naturales. Compuestos xenobióticos y otros polutantes en la cuenca. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. 144 pp.

Melignani, E. (2017). Pautas para la remediación y recuperación de áreas sujetas a contaminación mixta de cuencas urbanas y periurbanas de llanura. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Miguez, P. 2014. Ingeniería civil. Bioingeniería. Disponible en: <https://pablomiguez.wordpress.com/> (consultado el 27/11/2019)

Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires. 2012. Programa Salud y Ambiente. Informe Epidemiológico - 1º Parte. Análisis de Situación de Salud Cuenca Matanza - Riachuelo. Disponible en: <http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/saludyambiente/files/2013/03/CuencaMatanzaRiachuelo1.pdf> (consultado el 09/02/2015).

Municipalidad de Alte. Brown. 2013. Noticias de Brown. Disponible en <https://www.debrown.com.ar/avanza-la-limpieza-y-el-mantenimiento-del-arroyo-del-rey> (consultado el 27/11/2019)

Naidoo, T., D. Glassom. (2019) Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concentrations of microplastic". Elsevier. Marine Pollution 145, 254-259.

Nápoli, M.A. 2009. Una política de Estado para el Riachuelo. En Informe Ambiental Anual 2009. Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARM).

Odum, H.T. 1989. Ecological engineering and self-organization. In Ecological engineering: an introduction to ecotechnology. Edited by W. Mitsch and S.V. Jorgensen. Wiley, New York. pp. 79-102.

Ollero Ojeda, A. 2015. Guía metodológica sobre buenas prácticas en restauración fluvial. Manual para gestores. Version 1. Disponible en: http://contratoderiomatarranya.org/documentos/guia-restauracion-fluvial_web.pdf

ONU/WWAP (Naciones Unidas/Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). 2003. 1er Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida. París, Nueva York y Oxford. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y BerghahnBooks.

Paivonskis, P. 2016. Es una obra histórica para Argentina y America Latina. En: Cueca un recorrido por el Matanza Riachuelo. Acumar. Año 3, nº 5. ISSN: 2524-9770.

Perelman. P.E., L. Fernandez Rey. 2014. Análisis sobre el proceso de relocalización de los pobladores de las villas ubicadas en el Camino de Sirga de la Cuenca Baja del Matanza Riachuelo. Revista Terra Mundus. Volumen 1, nº1. ISSN: 2408-3887.

Polster, D.F. 2002. Soil Bioengineering Techniques for Riparian Restoration. Proceedings of the 26th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium in Dawson Creek, BC. The Technical and Research Committee on Reclamation.

Russell, G.D.; C.P. Hawkins, M.P. O'Neill. 1997. The role of GIS in selecting sites for riparian restoration based in hydrology and land use. Restoration Ecology 5 (4S): 56-68.

SER (Society for Ecological Restoration International). 2004. Principios de SER Internacional sobre la restauración Ecológica. 15pp. Disponible en: <http://www.ser.org> (consultado el 14/09/2013).

Shimamoto, A. 1998. Industria Matarife / Frigorífica. Signos Universitarios. Revista de la Universidad del Salvador. Vol.18 Nº34. Pag.187-203. Buenos Aires.

Vargas, O., F. Mora. 2007. Cap. 1: La Restauración Ecológica su Contexto, Definiciones y Dimensiones. En: Vargas, O. Estrategias para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino: El Caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca. Colombia. ISBN: 978-958-701-793-9

WCMC (World Conservation Monitoring Centre). 1998. Freshwater Biodiversity: A Preliminary Global Assessment. By Brian Groombridge and Martin Jenkins. WCMC - World Conservation Press, Cambridge, UK. 104 pp. ISBN: 1 899628 12 6. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WCMC-008.pdf> (consultado el 29/05/2015)

Zanzottera, M. 2018. Apuntes sobre la gestión del espacio público y la ciudad en la Provincia de Buenos Aires [nota] Disponibles en: <http://www.cafedelasciudades.com.ar/sitio/contenidos/ver/102/apuntes-sobre-la-gestion-del-espacio-publico-y-la-ciudad-en-la-provincia-de-buenos-aires.html>

Zuleta, G.A., B. Guida Johnson, C.M. Lafflito, A.M. Faggi, A.A. De Magistris, P. Tchilinguirian, M. Weissel y A.G. Zarrilli. 2012. Rehabilitación de ambientes perdidos en megaciudades: el caso de la Cuenca Matanza-Riachuelo. En: Buenos Aires, la historia de su paisaje natural. 2012. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires.

ANEXOS

Tabla 1: Codificación de los impactos

IMPACTO	"NOMBRE"	TIPO DE IMPACTO	"DESCRIPCION"		
canalizacion	can				
rectificacion	rec				
monticulos	mon				
puentes	puen	peatonales	p		
		caminos	c		
		calles	ca		
		ruta-autopista-colectora	rac		
		ferrocarril	f		
vías de transporte	via	caminos	0-35_c		
			35-100_c		
			100-500_c		
		calles	0-35_ca		
			35-100_ca		
			100-500_ca		
		ruta-autopista-colectora	0-35_rac		
			35-100_rac		
			100-500_rac		
		ferrocarril	0-35_f		
			35-100_f		
			100-500_f		
		población	pob	urbano	0-35_u
					35-100_u
					100-500_u
sub-urbano barrios cerrados	0-35_su				
	35-100_su				
	100-500_su				
zona industrial	zi	ladrilleras	0-35_l		
			35-100_l		
			100-500_l		
		no especificadas	0-35_ne		
			35-100_ne		
		100-500_ne			

piletones	pil	Según distancia	0-35
			35-100
			100-500
residuos	res	basural	0-35_b
			35-100_b
			100-500_b
		relleno	0-35_r
			35-100_r
			100-500_r
arbolado	arb	lineal	0_l
			0-35_l
			35-100_l
			100-500_l
		agrupados	0_a
			0-35_a
			35-100_a
			100-500_a
		dispersos	0_d
			0-35_d
			35-100_d
			100-500_d
otros	x		
cementerio	c	0-35_x	
deposito de auto	da	35-100_x	
supermercado	s	100-500_x	